

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže



Redukce strojních časů a nákladů při výrobě skříní  
diferenciálů

Reduction of the Machine Times and Costs  
in the Production of Differential Housings

Student:

Tomáš Valla

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění a montáže

## Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Valla**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: **Redukce strojních časů a nákladů při výrobě skříní diferenciálů**  
**Reduction of the Machine Times and Costs in the Production of Differential Housings**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky výroby diferenciálů.
2. Stanovení strojních časů a nákladů při stávající výrobě.
3. Racionalizace výroby skříní diferenciálů.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

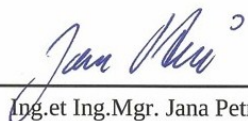
- [1] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [3] HAVRILA, Michal; ZAJAC, Jozef; BRYCHTA, Josef; JURKO, Jozef. *Top trendy v obrábění, I. část – Obráběné materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 205 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [4] ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013

  
Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci, včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....13.05.2013.....

..........

podpis studenta

### Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB -TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB -TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucí bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB -TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB -TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB -TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB -TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же оdevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 13.05.2013



Podpis

Adresa trvalého pobytu studenta:

Janová 254

755 01 Vsetín

## **Poděkování**

Děkuji vedoucí bakalářské práce Ing. et Ing. Mgr. Janě Petrů, Ph.D. za její čas, trpělivost a ochotu poskytnout mi cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce. Zároveň děkuji panu Petru Medvědovi z firmy Walter Slovakia (WSK), o.z., že mi umožnil vstup do společnosti Volkswagen Slovakia, a.s., závod Martin a seznámil mě s danou problematikou v reálných podmínkách souvisejících s vypracováním bakalářské práce.

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Valla, T. *Redukce strojních časů a nákladů při výrobě skříní diferenciálů*. VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2013, Fakulta strojní, Ostrava: katedra obrábění a montáže, 67 stran. Vedoucí práce: Petrů, J.

Tato bakalářská práce se zabývá redukcí strojních časů a nákladů při výrobě skříní diferenciálů, které se následně montují do automobilů. Firma Volkswagen mi vyšla vstříc při získávání potřebných podkladů a umožnila mi řešit danou problematiku ve výrobním závodě Martin. Práce je rozložena do tří částí. Prvním krokem je seznámení se stávající technologií, následný popis jednotlivých operací, nástrojů a upínání. Dalším krokem je vlastní racionalizace, neboli navržení nové technologie.

Třetí část bakalářské práce je zaměřena na vyhodnocení / porovnání původní a nové technologie, včetně zhodnocení strojních časů a nákladů.

## **ANNOTATION OF BACHELOR WORK**

Valla, T. *Reduction of the Machine Times and Costs in the Production of Differential Housings*. VŠB – Technical University of Ostrava, 2013, Faculty of Mechanical Engineering, Ostrava: Department of Machining and Assembly, 67 pages. Thesis head: Petrů, J.

This bachelor's thesis is dealing with reduction of machine times and costs in the production of differential housing, which are assembled into cars. The Volkswagen company were so kind and gave me the necessary documents and allowed me to solve the issue at factory in Martin, Slovakia. The work is divided into three parts.

First step is meeting the actual technology followed up description of each operation, tools and clamping. Next step is my own rationalization, which simply means designing of new technology.

Third part of this bachelor's thesis is focused on evaluation / comparison of existing and the new technology including evaluation of machine times and costs.

## Obsah

ÚVOD.....	9
1. Úvod do problematiky výroby diferenciálů .....	10
1.1 Volkswagen.....	13
1.2 Walter AG .....	15
1.3 Základní informace.....	16
2. Stanovení strojních časů a nákladů při stávající výrobě.....	18
2.1 Operace 10 .....	18
2.2 Operace 20 .....	28
2.3 Operace 30 .....	32
2.4 Operace 40 .....	35
3. Racionalizace výroby skříní diferenciálů.....	37
3.1 Operace 10 .....	37
3.2 Operace 20 .....	49
3.3 Operace 30 .....	55
3.4 Operace 40 .....	57
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.....	58
4.1 Zhodnocení operace 10 .....	58
4.2 Zhodnocení operace 20 .....	60
4.3 Zhodnocení operace 30 .....	61
4.4 Zhodnocení operace 40 .....	61
4.5 Přehled nákladů za 1 rok.....	62
4.6 Přehled strojních časů za 1 rok .....	63
4.7 Vrtací nástroje u operace 20 .....	64
Závěr.....	66
Seznam použité literatury .....	67

## Seznam použitého označení

$d$	[mm]	průměr vnitřní kružnice
$m$	[mm]	vzdálenost od kružnice po rádius
$R_m$	[MPa]	pevnost v tahu
$R_{p02}$	[MPa]	smluvní mez kluzu
$A$	[%]	tažnost
$l$	[mm]	délka řezné hrany
$s$	[mm]	tloušťka destičky
$r$	[mm]	zaoblení rohů
$t$	[min]	čas
$c$	[€]	náklady
$C_{ST \text{ vrt}}$	[€]	cena vrtáků v původní technologii
$C_{NTW \text{ vrt}}$	[€]	cena vrtáků s novou technologií Walter
$C_{vrt}$	[€]	cena vrtáků
$\emptyset$	[mm]	průměr vrtáku
$a_p$	[mm]	hloubka řezu
$f$	[mm]	posuv na otáčku
$t_{AS}$	[min]	strojní čas
$t_{AS \text{ zbytek}}$	[min]	zbytkový strojní čas
$v_c$	[m.min <sup>-1</sup> ]	řezná rychlost
$L$	[mm]	délka obráběné plochy
$n$	[min <sup>-1</sup> ]	otáčky
$D_c$	[mm]	průměr obráběné součásti
$l_p$	[mm]	délka přejezdu
$l_n$	[mm]	délka nájezdu
$v_f$	[mm.min <sup>-1</sup> ]	rychlost posuvu



## Úvod

Bakalářská práce řeší problematiku výroby skříní diferenciálů ve výrobním závodě Volkswagen Martin (dále jen „VW“), což bylo umožněno díky panu Petru Medvědovi, zástupci firmy Walter SK pro prodej významným zákazníkům na Slovensku.

V úvodu je popsáno, co vlastně diferenciál je, jak se dělí a jak funguje. Následuje seznámení s firmou VW, kde byla daná problematika řešena, dále pak s firmou Walter, prostřednictvím které mi byl umožněn vstup do závodu v Martině. Práce je rozdělena do tří částí.

První část je věnována seznámení se stávajícími technologiemi, následuje popis jednotlivých operací (celkem 4), používaných nástrojů a systému upínání. Dále jsou popsány komponenty nástrojových sestav a jsou uvedeny důvody, které vedou k racionalizaci celkových nákladů. Závěrem každé operace je stanovení strojních časů a nákladů – což je hlavním předmětem bakalářské práce.

Druhá část se zabývá vlastní racionalizací stávajících postupů, neboli navržením nové technologie. Zde je řešena výměna komponentů (nástrojů) u vybraných nástrojových sestav a změna technologie výroby, aby se ušetřil nejen strojní čas, ale i celkové náklady. Technologie byla několikrát měněna a vylepšována, než se docílilo vhodných a požadovaných výsledků firmou VW Martin. Výroba diferenciálů je opět rozdělena do čtyř operací, včetně popisu provedených technologických úprav.

Třetí část bakalářské práce je zaměřena na vyhodnocení / porovnání původní a nové technologie, včetně zhodnocení strojních časů, kde lze zjistit, kolik provedené úpravy skutečně ušetřily nákladů v každé operaci zvlášť nebo celkově během jednoho výrobního roku při plánované produkci 360 000 ks diferenciálů.

## 1. Úvod do problematiky výroby diferenciálů

**Diferenciál** je mechanické zařízení, pracující na principu planetové převodovky, jehož účelem je rozdělení poměru otáček na výstupní hřídel. Typickou aplikací diferenciálu je pohon hnací nápravy automobilu, kde umožňuje různou rychlost otáčení kol na jedné nápravě při průjezdu zatáčkou. V každém automobilu najdeme minimálně jeden, u některých i více diferenciálů. Podle svého provedení upravují rozdělení přiváděného točivého momentu a dovolují rozdílné otáčky obou výstupů. To je potřebné především v zatáčkách, kdy jednotlivá kola opisují odlišné dráhy. Rozeznáváme v zásadě diferenciály otevřené nebo se závěrkou.

### Výhody

Při použití diferenciálu je odstraněna situace, kdy by jedno nebo i obě kola hnací nápravy projížděla zatáčku smykem. Toto řešení tedy přispívá k lepší přilnavosti pneumatik vozidla k silničnímu podkladu, zlepšuje stabilitu, ovladatelnost a snižuje opotřebení pneumatik.

### Nevýhody

#### Mechanická nevýhoda

V diferenciálu dochází ke tření ozubení, což má za následek buď vyšší spotřebu pohonných hmot při stejném výkonu automobilu, nebo stejnou spotřebu, ale nižší výkon, tedy nižší účinnost. To je často důvodem neochoty výrobců sportovních automobilů používat pohon na všechna čtyři kola, např. quattro systém Audi, 4-motion VW, xDrive BMW. V případě pohonu všech čtyř kol se používají dva nebo tři diferenciály.

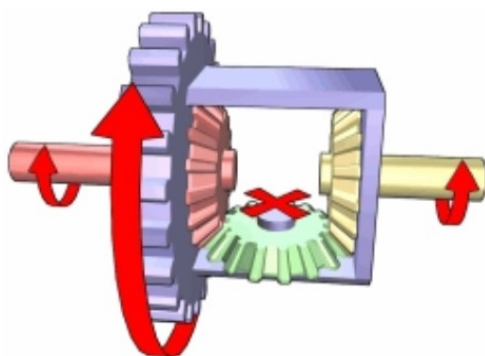
#### Provozní nevýhoda

Pokud se jedno z kol nápravy dotýká povrchu podkladu s nízkým koeficientem tření, např. led, sníh, voda, jemný štěrk, prach a druhé kolo nápravy se dotýká podkladu s vyšším třecím koeficientem např. asphalt, beton, dojde při rozjezdu k situaci, kdy kolo na ledě prokluzuje a kolo na asfaltu stojí. Rozjezd vozidla je v tomto případě komplikovaný nebo až nemožný, bez použití podpůrných systémů např. ESP.

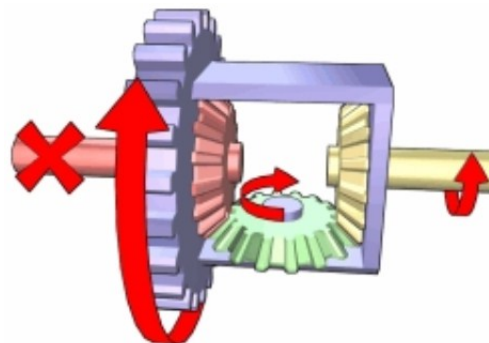
Nicméně zmíněné výhody převažují nad nevýhodami. [8]

## Otevřený diferenciál

Otevřený diferenciál je nejrozšířenějším typem používaný u motorových vozidel. Je tvořen obvykle klecí se dvěma volně otočnými kuželovými ozubenými koly, která zabírají do ozubených kol na výstupních hřídelích. Celá klec je poháněna převodovkou. Přiváděný točivý moment se tak rozděluje na oba výstupy vždy rovným dílem, tj. v poměru 50:50 (např. 1600Nm rozděluje na 800Nm+800Nm). Otevřený diferenciál nikdy neposkytne jednomu výstupu větší krouticí moment než druhému bez ohledu na rozdíl jejich otáček, prokluz nebo zatížení kol. Pokud dojde ke snížení adheze jednoho kola natolik, že začne prokluzovat, sníží se jeho odpor proti otáčení a tím i přenášený krouticí moment. To má však za následek i okamžité snížení momentu o stejnou hodnotu na druhém neprokluzujícím kole. Obě kola tak zabírají méně, jedno sice prokluzuje a točí se výrazně rychleji, ale krouticí momenty a tažné síly obou kol se nadále rovnají.



Obr. 1.1 Diferenciál při stejných otáčkách výstupních hřídelí [9]



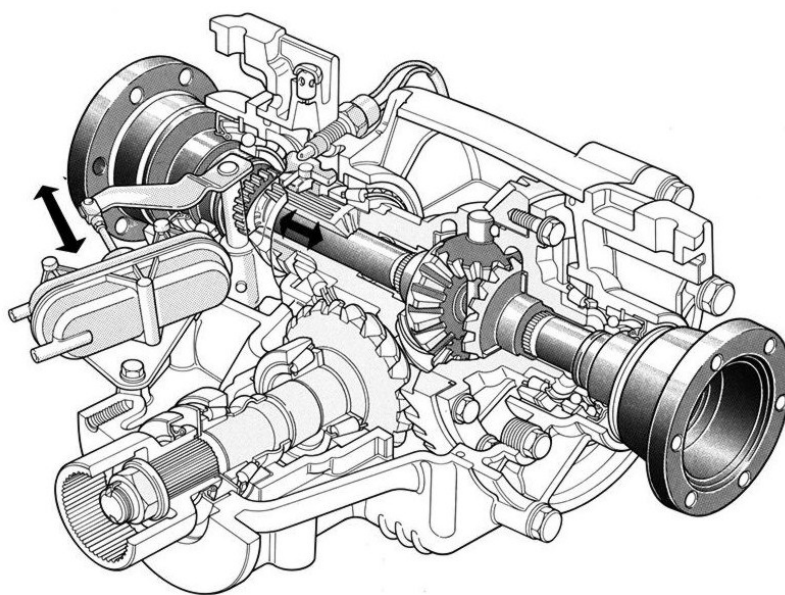
Obr. 1.2 Zablokovaná levá hřídel [9]

Na obrázcích je vidět funkci diferenciálu při stejných otáčkách výstupních hřídelí. Modře označené talířové kolo pohání přes zeleně označený satelit planetová kola žluté i červené výstupní hřídele. Pokud se obě výstupní hřídele točí stejnou rychlostí, satelit se vůči talířovému kolu neotáčí. Když je levá (červená) hřídel zablokována, zeleně označený satelit se začne otáčet a druhá (žlutá) výstupní hřídel se roztočí dvojnásobnou rychlostí.

## Diferenciál se závěrkou

Aby se zabránilo poklesu krouticího momentu na neprokluzujícím kole, jsou otevřené diferenciály doplňovány tzv. závěrkou. Závěrka je vlastně určitá forma vzájemného propojení obou výstupních hřídelí, která napomáhá vyrovnání jejich otáček a převádí část momentu z jednoho výstupu na druhý. Přenosem nadbytku krouticího momentu z protáčejiícího se kola na druhé kolo s lepší adhezí se omezí protáčení prvního a zároveň zvýší tah druhého kola. Propojení může být částečné nebo úplné. Úplná závěrka spojí výstupy napevno bez

možnosti rozdílu otáček, jakoby auto mělo pevnou hnací osu - krouticí moment je nekontrolovatelně rozdělen v závislosti na okamžitých odporech každého kola. Poměr momentů u pevného propojení může kolísat v rozsahu 0:100 až 100:0 a jeho okamžitá hodnota je závislá pouze na vnějších podmínkách. Úplná závěrka má sice největší účinek, zároveň však zcela ruší základní funkci diferenciálu. Tím, že nedovolí ani nejmenší rozdíl v rychlosti otáčení obou kol je omezeno její použití jen na klzký povrch. Pro trvalou funkci na všech druzích povrchů se používá kompromisní řešení ve formě diferenciálů s omezeným prokluzem, které obsahují viskózní spojku, třecí spojku nebo šnekové soukolí a umí do značné míry omezit protáčení kol a zároveň dovolí jejich odlišnou rychlost při průjezdu zatáčkou. [9]



Obr. 1.3 Uzávěrka diferenciálu [9]

## 1.1 Volkswagen

Firma Volkswagen AG nebo jen VW je německá automobilka sídlící ve Wolfsburgu. Je členem skupiny Volkswagen Group, v listopadu 2009 se stala největším světovým automobilovým koncernem. Její název v překladu znamená *lidový vůz*.

Byla založena v roce 1937 s cílem vyrábět právě vozy, které by si mohl dovolit téměř každý pracující občan. Tuto ideu prosazoval především Adolf Hitler, který konstrukcí takového vozu pověřil Ferdinanda Porsche. V roce 1942 byl s přehledem největším výrobcem osobních automobilů v Německu. Po skončení druhé světové války bylo město přejmenováno na Wolfsburg a továrna dostalo nové jméno Volkswagen.

V 90. letech připojuje Volkswagen do svého koncernu další značku (českou Škodu Auto), ale také zažívá v roce 1993 nejhorší krizi v historii značky. Tu překonává hlavně díky velmi úspěšným novým generacím modelů Golf a Passat, které doplňuje již také tradiční model Volkswagen Polo.

V současnosti je VW jednou z mála firem, které se zatím ve větší míře vyhýbá celosvětová automobilová recese a Volkswagen vstupuje do nových segmentů trhu, jak automobilového (nákladní automobily - značkou Scania), tak i například trhu lodních motorů. Model Volkswagen Golf překonal v počtu vyrobených kusů i „Brouka“, kterého bylo vyrobeno celkem 21 529 464 a stále se pokračuje v jeho výrobě.

### Výrobní závody

Německo (*Hannover, Wolfsburg, ...*), Argentina, Bosna a Hercegovina, Brazílie, Čína, Japonsko, Mexiko, Nigérie, Polsko, Portugalsko, Španělsko, USA, **Slovensko** - v roce 1991, kdy se Volkswagen rozhodl rozšířit své pole působnosti do tehdejší ČSFR, byla v převzaté továrně Bratislavských Automobilových Závodů rozběhnuta výroba modelu Passat. V roce 2002 zde byla také zahájena výroba terénního modelu Touareg a na stejné platformě Audi Q7 a Porsche Cayenne.

### Zásadní modely

**KdF 82** - byl prvním sériově vyráběným vozem nově založené automobilky. Byl to lehký vojenský terénní automobil.

**Golf** - vystřídal ve výrobním programu oblíbeného „Brouka“ a navázal na jeho úspěchy.

**Passat** - je klasický vůz střední třídy v modelové hierarchii nad *Golfem*. Vyrábí se dodnes ve verzi sedan a kombi. Oproti *Golfu* je prostornější, luxusnější a má výkonnější motory.

**Transporter** - tento model začal Volkswagen vyrábět v roce 1950 a vyrábí ho pod tímto názvem dodnes.

## Prodeje vozů v ČR

Koncern Volkswagen vyrábí dle potřeb a požadavků kupujících výrobky vysoké kvality, jejich odbyt a péče o ně jsou v celém světě zajišťovány sítí autorizovaných dealerů, za účelem dosažení vysoké spokojenosti zákazníků. Tito dealeri, kterých je v současné době v ČR 19, musí splňovat kvalitativní standardy, jako jsou jednotný design autosalónů, Corporate design, povinný počet předváděcích a skladových vozů a apod. Tímto si koncern VW udržuje kontrolu a dohlíží na kvalitu služeb poskytovanou všem stávajícím i novým zákazníkům koncernu VW. [10]



Obr. 1.4 Továrna ve Wolfsburgu – sídlo [10]



Obr. 1.5 VW Brouk [10]

## 1.2 Walter AG

Německá firma WALTER byla založena roku 1919 ve městě Tübingen, jižně od Stuttgartu, kde se nachází doposud její hlavní sídlo.

Oblasti, na které se firmy Walter zaměřuje, jsou především technologie soustružení, vrtání, frézování a závitování, monolitní nástroje vyrobené z rychlořezné oceli (HSS) stejně jako z tvrdokovu (TK), dále nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami. Uplatnění můžeme najít hlavně v automobilovém průmyslu (kompletní obrábění na „klíč“, obrábění hliníkových motorových hlav, obrábění motorových bloků), v leteckém průmyslu (obrábění titanu), v energetice (obrábění turbínových lopatek, obrábění tepelného pouzdra), v železničním průmyslu (obrábění podvozků vagonů, obrábění komponentů pro železniční tratě) a samozřejmě najde uplatnění i ve všeobecném strojírenství. Firma WALTER fúzovala s konkurenčními firmami TITEX, PROTOTYP a WERNER SCHMIDT a díky vzájemné kooperaci vytváří nyní silný celek ve světovém obrábění.

### Historie firmy Walter AG:

1919: založení firmy **WALTER**

1926: patentování slinutého karbidu

1933: nástroje ze slinutého karbidu

1975: **NOVEX 2000**

1993: **NOVEX 3000**

1999: **Quartec** ® břitové destičky

2001: **Tigertec** ® břitové destičky na obrábění litiny

2003: **Xtratec** ® břitové destičky a nástroje

2004: Akvizice na Werner Schmidt **PKD** nástroje

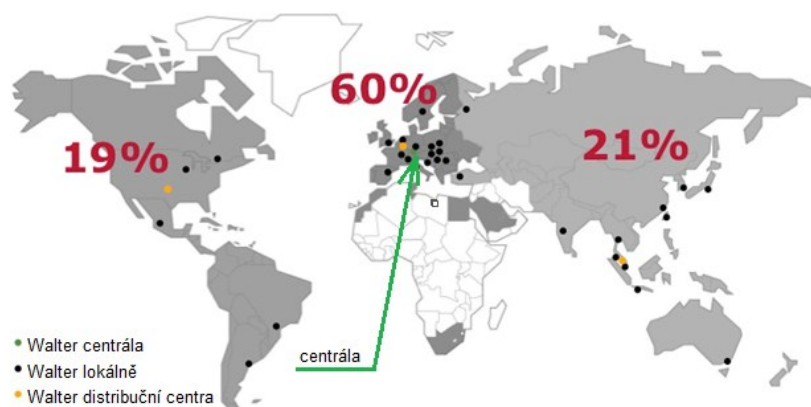
2005: **Tigertec** ® břitové destičky na obrábění oceli

2006: Světová premiéra PVD povlaku Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (aluminiumoxid) **Xtratec** ®

2010: Světová premiéra **Tiger tec Silver**®



Obr. 1.6 Logo firmy Walter



Obr. 1.7 Celosvětový podíl prodeje firmy WALTER

### 1.3 Základní informace

Součást:	skříň diferenciálu
Materiál:	GGG60
Stroj:	EMAG VSC400 Duo
Cíl práce:	redukce strojního času a nákladů při výrobě skříní diferenciálů



Obr. 1.8 Skříň diferenciálu

#### Materiál součásti - GGG60 Tvárná litina

je slitina železa s uhlíkem. Obsah uhlíku je vyšší než 2,14 %. Uhlík je vyloučen ve formě grafitu. Podle geometrie vyloučeného grafitu rozlišujeme šedou litinu (GG), kde je grafit vyloučen v podobě lamel, vermiculární litinu (GGV), kde jsou lamely na koncích zaobleny a tvárnou litinu (**GGG**), kde je grafit vyloučen ve formě kuliček.

Odlitky z tvárné litiny jsou vyráběny ve slévárnách. Výchozím materiálem jsou ocelový šrot, surové železo, ferosilicium a přísady jako vápenec, koks, kremenný písek ap. Tyto výchozí suroviny jsou vsazovány buď do elektrických pecí (indukční pece, obloukové pece) nebo do kuploven a zde roztaveny a metalurgicky zpracovány. [11]

Tab. 1.1 Vlastnosti tvárné litiny [11]

Materiál	Pevnost v tahu $R_m$ [MPa]	Smluvní mez kluzu $R_{p02}$ [MPa]	Tažnost A [%]
GGG60	600	370	3



### Stroj - EMAG VSC400 Duo Svislé obráběcí centrum

Každý stroj je samostatné technologické pracoviště, které si díky Pickup vřetenu samo zajišťuje manipulaci s obrobkem. Pohyb obrobku je zajištěn pásovým dopravníkem, nosič nástrojů je pevně umístěn v pracovním prostoru stroje, který je multifunkčním výrobním prostředkem: soustružení, vrtání, frézování, broušení, laserové aplikace a další činnosti.

Hydrostaticky uloženým pracovním vřetenem ve svislé ose Z lze opracovávat měkké i kalené součásti ve vysoké kvalitě obráběných dílů a životnosti nástrojů.

Všechny základní skupiny určující přesnost výroby jsou průtokově chlazeny emulzí.

Stroje Emag DUO přicházejí s maximálním využitím při kompletním obrábění skříní diferenciálů (obrábění přední i zadní strany). [12]



Obr. 1.9 Stroj Emag VSC400 [12]

Tab. 1.2 Základní informace [12]

Pracovní rozsah		VSC 400 DUO
Průměr sklíčidla	mm	160/200 do 315/400
Oběžný průměr	mm	210 do 420
Zdvih v ose X	mm	725 do 850
Zdvih v ose Z	mm	200 do 315

## 2. Stanovení strojních časů a nákladů při stávající výrobě

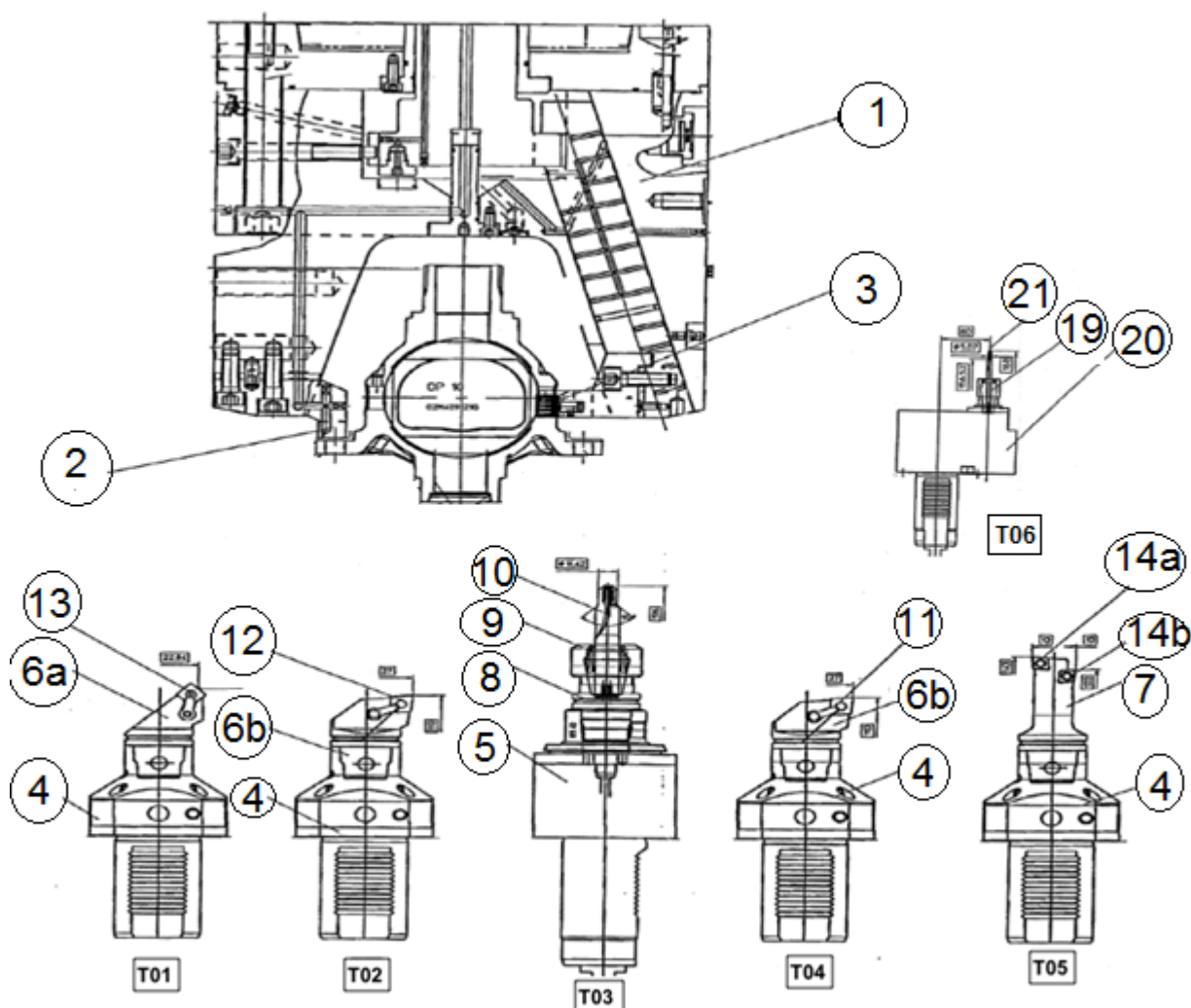
Zde bude řešen stávající stav výroby diferenciálů, jak a co který nástroj vykonává, v jakém pořadí a čím jsou jednotlivé nástroje osazeny. Celkem je výroba rozložena do čtyř operací.

Legenda:

- 1) vyměnitelná břitová destička - dále jen „VBD“,
- 2) firma Kennametal, dále jen „KM“, která dodávala komponenty k původní technologii.

### 2.1 Operace 10:

Výkres obsahuje všechny použité nástroje a způsob upnutí diferenciálu, následuje rozbor každého nástroje zvlášť, včetně detailu obráběné plochy.

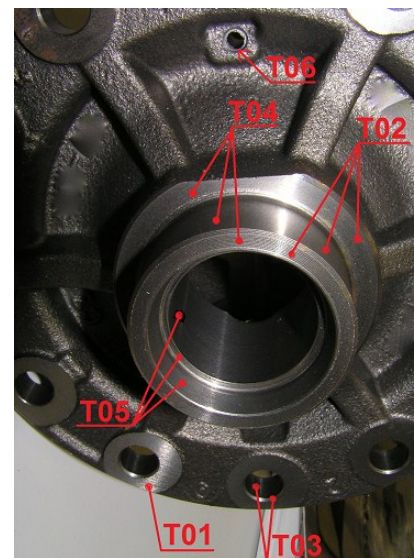


Obr. 2.1 Operace 10

Celkový přehled vykonaných operací - spodní část  
skříně diferenciálu →

Popis jednotlivých nástrojů a pozic, včetně označení:

Pozice: 1 - upínací hlava  
2 - doraz  
3 - čelisti



Obr. 2.2 Vykonané operace

**Nástroj T01** - Zarovnání plošky soustružnickým nožem.

Pozice: 13 – VBD Δ150, SNMG 120412 UN KC 9325  
6a - hlavička KM 40,  
4 - základní držák KM 40

Řezné parametry:

$f = 0,25$  [mm],  $v_c = 230$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,5$  [mm]

$D_c = 168$  [mm],  $L_1 = 53$  [mm],  $l_p = 2$  [mm],  $l_n = 2$  [mm]



Obr. 2.3 Obráběná plocha nástrojem T01

**Nástroj T02** – hrubování čela, průměru a délky

Pozice: 12 - VBD Δ150, CNMG 120412 NM5 WAK20  
6b - hlavička KM 40,  
4 - základní držák KM 40

Řezné parametry:

$f = 0,2$  [mm],  $v_c = 220$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,5$  [mm]

$D_{c1} = 38$  [mm],  $L_{21} = 4$  [mm],  $l_p = 0$  [mm],  $l_n = 6$  [mm]

$D_{c2} = 46,05$  [mm],  $L_{22} = 19$  [mm],  $l_p = 0$  [mm],  $l_n = 0$  [mm]

$D_{c3} = 66$  [mm],  $L_{23} = 10$  [mm],  $l_p = 6$  [mm],  $l_n = 0$  [mm]



Obr. 2.4 Obráběné plochy nástrojem T02

**Nástroj T03** – Vyvrtání všech děr po obvodu včetně sražení hran stupňovitým vrtákem

Pozice: 10 - vrták Δ150, B721A1514983 KC 7215  
9 – kleština, 25 ER 140 M  
8 – hlavička, KM 40  
5 - základní držák, DS 50 LDTA KM 40



Obr. 2.5 Obráběné plochy nástrojem T03

Řezné parametry:

$n = 2000 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ ,  $f = 0,2 \text{ [mm]}$ ,  $D_c = 11,3 \text{ [mm]}$ ,  $L_3 = 16 \text{ [mm]}$ ,  $l_p = 4 \text{ [mm]}$ ,  $l_n = 8 \text{ [mm]}$

**Nástroj T04** – Dokončení soustružnickým nožem na hotovo čelo, průměr a délku.

Pozice: 11 - VBD  $\Delta 150$ , CNMG 120408 NM5 WAK20

6b - hlavička, KM 40

4 - základní držák KM 40

Řezné parametry:

$f = 0,25 \text{ [mm]}$ ,  $v_c = 230 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ ,  $a_p = 0,5 \text{ [mm]}$ ,

$D_{c1} = 38 \text{ [mm]}$ ,  $L_{41} = 4 \text{ [mm]}$ ,  $l_p = 0 \text{ [mm]}$ ,  $l_n = 6 \text{ [mm]}$

$D_{c2} = 46,05 \text{ [mm]}$ ,  $L_{42} = 19 \text{ [mm]}$ ,  $l_p = 0 \text{ [mm]}$ ,  $l_n = 0 \text{ [mm]}$

$D_{c3} = 66 \text{ [mm]}$ ,  $L_{43} = 10 \text{ [mm]}$ ,  $l_p = 6 \text{ [mm]}$ ,  $l_n = 0 \text{ [mm]}$



Obr. 2.6 Obráběné plochy nástrojem T04

**Nástroj T05** – Soustružení dvou vnějších průměrů a kužele

Pozice: 14a - VBD  $\Delta 150$ , CCMW 09T308 WAK20

14b - VBD  $\Delta 150$ , TCMW 110208 WAK20

7- hlavička, KM 40

4- základní držák KM 40

Řezné parametry:

$f = 0,2 \text{ [mm]}$ ,  $v_c = 230 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ ,  $a_p = 0,3 \text{ [mm]}$

$D_{c1} = 29 \text{ [mm]}$ ,  $L_{51} = 31 \text{ [mm]}$ ,  $l_p = 6 \text{ [mm]}$ ,  $l_n = 0 \text{ [mm]}$

$D_{c2} = 31,03 \text{ [mm]}$ ,  $L_{52} = 3 \text{ [mm]}$ ,  $l_p = 0 \text{ [mm]}$ ,  $l_n = 0 \text{ [mm]}$

$D_{c3} = 35,3 \text{ [mm]}$ ,  $L_{53} = 7 \text{ [mm]}$ ,  $l_p = 0 \text{ [mm]}$ ,  $l_n = 8 \text{ [mm]}$



Obr. 2.7 Obráběné plochy nástrojem T05

**Nástroj T06** – Sražení hrany.

Pozice: pozice: 19 - kleština, 20 ER 070M

20 - základní držák, DS 50 LDTA ER

20 AR 1066998

21 - centr. vrták - upravený  $90^\circ$

$\Delta 600$ , B 505Z06000 K 10

Řezné parametry:

$n = 2500 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ ,  $f = 0,2 \text{ [mm]}$   $D_c = 6 \text{ [mm]}$ ,  $L_6 = 1 \text{ [mm]}$ ,  $l_p = 4 \text{ [mm]}$ ,  $l_n = 4 \text{ [mm]}$



Obr. 2.8 Obráběné plochy nástrojem T06

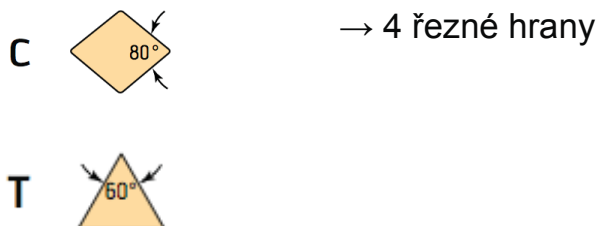
U operace 10 budou racionalizovány soustružnické nože číslo T02 a T05 z důvodů:

- časových – pomalý chod,
- jedním nožem obráběna jedna kontura,
- posuv na otáčku 0,2 [mm],
- nízká produkce,
- stávající VBD:
  - CNMG 120412 NM5 WAK20
  - CCMW 09T308 WAK20
  - TCMW 110208 WAK20,
- upínací jednotka (držák) KM 40,
- dlouhé nájezdové dráhy – až 8 [mm].

**Popis značení** (klíč značení podle ISO 1832) dle [2]:

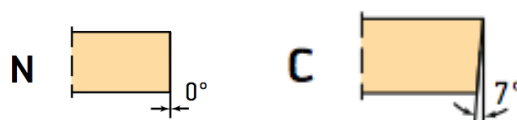
- VBD CNMG 120412 NM5 WAK20
- VBD CCMW 09T308 WAK20
- VBD TCMW 110208 WAK20

Tvar destičky →



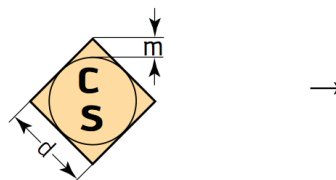
Obr. 2.9 Tvary destiček [2]

Úhel hřbetu →



Obr. 2.10 Úhly hřbetu [2]

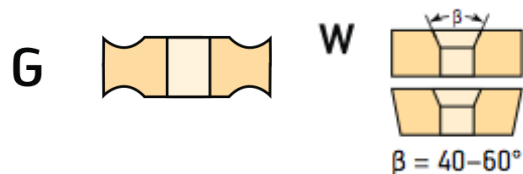
M → tolerance →



Tab. 2.1 Tolerance [2]

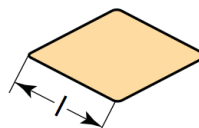
	d [mm]	m [mm]	s [mm]
M	$\pm 0,05 - 0,15^2$	$\pm 0,08 - 0,20^2$	$\pm 0,130$

Charakteristiky obrábění a upnutí →



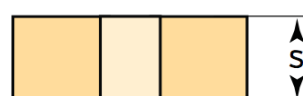
Obr. 2.11 Charakteristiky obrábění a upnutí [2]

Délka řezné hrany  $l$  [mm] → 12, 09, 11



Obr. 2.12 Řezná hrana [2]

Tloušťka destičky  $s$  [mm] →



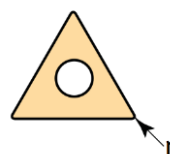
Obr. 2.13 Tloušťka destičky [2]

02  $s=2,38$  [mm]

04  $s=4,76$  [mm]

T3  $s=3,97$  [mm]

Zaoblení rohů  $r$  [mm] →



Obr. 2.14 Zaoblení rohů [2]

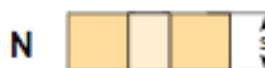
12 →  $r=1,2$  [mm]

08 →  $r=0,8$  [mm]

**NM5** - Údaje výrobce / index geometrie Walter dle [2]

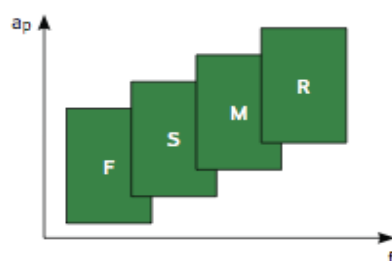
Univerzální geometrie pro litiny. Vhodná pro obrábění ocelových materiálů s vysokou pevností.

základní tvar →



Obr. 2.15 Základní tvar [2]

oblast lámání třísky → M



**F** Dokončovací obrábění

**S** Polodokončovací obrábění

**M** Střední obrábění

**R** Hrubování

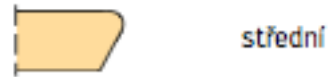
Obr. 2.16 Oblast lámání třísky [2]

Legenda k obr.2.16 :

$a_p$  – hloubka řezu [mm]

$f$  - posuv [mm]

provedení břitu → 5



Obr. 2.17 Provedení břitu [2]

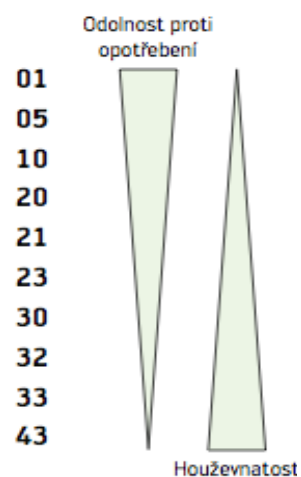
**WAK20** - Klíč značení pro řezné materiály ze slinutého karbidu – soustružení

W →Walter

A→ Hlavní použití nebo druh povlaku → Hliníkový povlak CVD

K → Hlavní použití → litina

20 → Oblast použití ISO



Obr. 2.18 Oblast použití [2]

### Příklad výpočtu strojního času u operace 10:

#### Nástroj T01 - Zarovnání plošky soustružnickým nožem

$$f = 0,25 \text{ [mm]}$$

$$v_c = 230 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$$

$$a_p = 0,5 \text{ [mm]}$$

$$D_c = 168 \text{ [mm]}$$

$$L = 53 \text{ [mm]}$$

$$l_p = 2 \text{ [mm]}$$

$$l_n = 2 \text{ [mm]}$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_c \cdot \pi} = \frac{230 \cdot 1000}{168 \cdot \pi} = 435,78 [\text{min}^{-1}] \approx 436 [\text{min}^{-1}]$$

$$L_1 = L + l_p + l_n = 53 + 2 + 2 = 57 [\text{mm}]$$

$$t_{as1} = \frac{L_1}{n \cdot f} = \frac{57}{436 \cdot 0,25} = 0,523 [\text{min}] \quad (2.1)$$

#### Nástroj T02 - Hrubování čela, průměru a délky

$$f = 0,2 \text{ [mm]}$$

$$v_c = 220 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$$

$$a_p = 0,5 \text{ [mm]}$$

$$D_{c1} = 38 \text{ [mm]}$$

$$L_{21} = 4 \text{ [mm]}$$

$$l_p = 0 \text{ [mm]}$$

$$l_n = 6 \text{ [mm]}$$

čelo:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_{c1} \cdot \pi} = \frac{220 \cdot 1000}{38 \cdot \pi} = 1843 [\text{min}^{-1}]$$

$$L_2 = L_{21} + l_p + l_n = 4 + 0 + 6 = 10 [\text{mm}]$$

$$t_{as21} = \frac{L_2}{n \cdot f} = \frac{10}{1843 \cdot 0,2} = 0,027 [\text{min}] \quad (2.2)$$

průměr:

$$D_{c2} = 46,05 \text{ [mm]}$$

$$L_{22} = 19 \text{ [mm]}$$

$$l_p = 0 \text{ [mm]}$$

$$l_n = 0 \text{ [mm]}$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_{c2} \cdot \pi} = \frac{220 \cdot 1000}{46,05 \cdot \pi} = 1520 [\text{min}^{-1}]$$

$$L_2 = L_{22} + l_p + l_n = 19 + 0 + 0 = 19 [\text{mm}]$$

$$t_{as22} = \frac{L_2}{n \cdot f} = \frac{19}{1520 \cdot 0,2} = 0,063 [\text{min}] \quad (2.3)$$

délka:

$$D_{c3} = 66 \text{ [mm]}$$

$$L_{23} = 10 \text{ [mm]}$$

$$l_p = 6 \text{ [mm]}$$

$$l_n = 0 \text{ [mm]}$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_{c3} \cdot \pi} = \frac{220 \cdot 1000}{66 \cdot \pi} = 1061 [\text{min}^{-1}]$$

$$L_2 = L_{23} + l_p + l_n = 10 + 6 + 0 = 16 [\text{mm}]$$

$$t_{as23} = \frac{L_2}{n \cdot f} = \frac{16}{1061 \cdot 0,2} = 0,075 [\text{min}] \quad (2.4)$$

$$t_{as2} = t_{as21} + t_{as22} + t_{as23}$$

$$t_{as2} = 0,027 + 0,063 + 0,075 = 0,165 [\text{min}] \quad (2.5)$$



**Nástroj T03** - Vyvrtní všech děr po obvodu, včetně sražení hran stupňovitým vrtákem

$$n = 2000 [\text{min}^{-1}]$$

$$D_c = 11,3 [\text{mm}]$$

$$L = 16 [\text{mm}]$$

$$f = 0,2 [\text{mm}]$$

$$l_p = 4 [\text{mm}]$$

$$l_n = 8 [\text{mm}]$$

$$L_3 = L + l_p + l_n = 16 + 4 + 8 = 28 [\text{mm}]$$

$$v_f = n \cdot f = 2000 \cdot 0,2 = 400 [\text{mm} / \text{min}^{-1}]$$

$$t_{as3} = \frac{L_3}{v_f} = \frac{28}{400} = 0,07 [\text{min}] \quad (2.6)$$

$$\text{Celkem 12 děr} \rightarrow t_{as3} = 0,07 \cdot 12 = 0,84 [\text{min}] \quad (2.7)$$

**Nástroj T04** - Dokončit soustružnickým nožem na hotovo čelo, průměr a délku

$$f = 0,25 [\text{mm}]$$

$$v_c = 230 [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$$

$$a_p = 0,5 [\text{mm}]$$

$$D_{c1} = 38 [\text{mm}]$$

$$L_{41} = 4 [\text{mm}]$$

$$l_p = 0 [\text{mm}]$$

$$l_n = 6 [\text{mm}]$$

čelo:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_{c1} \cdot \pi} = \frac{230 \cdot 1000}{38 \cdot \pi} = 1927 [\text{min}^{-1}]$$

$$L_4 = L_{41} + l_p + l_n = 4 + 0 + 6 = 10 [\text{mm}]$$

$$t_{as41} = \frac{L_4}{n \cdot f} = \frac{10}{1927 \cdot 0,25} = 0,021 [\text{min}] \quad (2.8)$$

průměr:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_{c2} \cdot \pi} = \frac{230 \cdot 1000}{46,05 \cdot \pi} = 1590 [\text{min}^{-1}]$$

$$L_2 = L_{42} + l_p + l_n = 19 + 0 + 0 = 19 [\text{mm}]$$

$$t_{as42} = \frac{L_2}{n \cdot f} = \frac{19}{1590 \cdot 0,25} = 0,048 [\text{min}] \quad (2.9)$$

$$D_{c3} = 66 [\text{mm}]$$

$$L_{43} = 10 [\text{mm}]$$

$$l_p = 6 [\text{mm}]$$

$$l_n = 0 [\text{mm}]$$

délka:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_{c3} \cdot \pi} = \frac{230 \cdot 1000}{66 \cdot \pi} = 1109 [\text{min}^{-1}]$$

$$L_2 = L_{43} + l_p + l_n = 10 + 6 + 0 = 16 [\text{mm}]$$

$$t_{as43} = \frac{L_2}{n \cdot f} = \frac{16}{1109 \cdot 0,25} = 0,058 [\text{min}] \quad (2.10)$$

$$t_{as4} = t_{as41} + t_{as42} + t_{as43}$$

$$t_{as4} = 0,021 + 0,048 + 0,058 = 0,127 [\text{min}] \quad (2.11)$$

**Nástroj T05 - Soustružení dvou vnějších průměrů a kužele**

$$f = 0,2 \text{ [mm]}$$

$$v_c = 230 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$$

$$a_p = 0,3 \text{ [mm]}$$

$$D_{c1} = 29 \text{ [mm]}$$

$$L_{s1} = 31 \text{ [mm]}$$

$$l_p = 6 \text{ [mm]}$$

$$l_n = 0 \text{ [mm]}$$

průměr:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_{c1} \cdot \pi} = \frac{230 \cdot 1000}{29 \cdot \pi} = 2525 [\text{min}^{-1}]$$

$$L_5 = L_{s1} + l_p + l_n = 31 + 6 + 0 = 37 [\text{mm}]$$

$$t_{as1} = \frac{L_{s1}}{n \cdot f} = \frac{37}{2525 \cdot 0,2} = 0,073 [\text{min}] \quad (2.12)$$

průměr:

$$D_{c2} = 31,03 \text{ [mm]}$$

$$L_{s2} = 3 \text{ [mm]}$$

$$l_p = 0 \text{ [mm]}$$

$$l_n = 0 \text{ [mm]}$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_{c2} \cdot \pi} = \frac{230 \cdot 1000}{31,03 \cdot \pi} = 2359 [\text{min}^{-1}]$$

$$L_5 = L_{s2} + l_p + l_n = 3 + 0 + 0 = 3 [\text{mm}]$$

$$t_{as2} = \frac{L_{s2}}{n \cdot f} = \frac{3}{2359 \cdot 0,2} = 0,006 [\text{min}] \quad (2.13)$$

$$D_{c3} = 35,3 \text{ [mm]}$$

$$L_{s3} = 7 \text{ [mm]}$$

Kužel:

$$l_p = 0 \text{ [mm]}$$

$$l_n = 8 \text{ [mm]}$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_{c3} \cdot \pi} = \frac{230 \cdot 1000}{35,3 \cdot \pi} = 2074 [\text{min}^{-1}]$$

$$L_5 = L_{s3} + l_p + l_n = 7 + 0 + 8 = 15 [\text{mm}]$$

$$t_{as3} = \frac{L_{s3}}{n \cdot f} = \frac{15}{2074 \cdot 0,2} = 0,036 [\text{min}] \quad (2.14)$$

$$t_{as5} = t_{as1} + t_{as2} + t_{as3} = [\text{min}]$$

$$t_{as5} = 0,073 + 0,006 + 0,036 = 0,115 [\text{min}] \quad (2.15)$$

**Nástroj T06 - Sražení hrany**

$$n = 2500 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

$$D_c = 6 \text{ [mm]}$$

$$L_{61} = 1 \text{ [mm]}$$

$$f = 0,2 \text{ [mm]}$$

$$l_p = 4 \text{ [mm]}$$

$$l_n = 4 \text{ [mm]}$$

$$v_f = n \cdot f = 2500 \cdot 0,2 = 500 [\text{mm} / \text{min}^{-1}]$$

$$L_6 = L_{61} + l_p + l_n = 1 + 4 + 4 = 9 [\text{mm}]$$

$$t_{as6} = \frac{L_6}{v_f} = \frac{9}{500} = 0,018 [\text{min}] \quad (2.16)$$

**Celkový strojní čas:**

$$t_{as110} = t_{as1} + t_{as2} + t_{as3} + t_{as4} + t_{as5} + t_{as6} + t_{aszbytek}$$

$$t_{aszbytek} - \text{otočení revolveru: } 0,149 \text{ [min]}$$

$$- \text{vyložení dílu, oplach: } 0,343 \text{ [min]}$$

$$t_{aszbytek} = 0,492 \text{ [min]} \quad (2.17)$$

$$t_{as} = t_{as1} + t_{as2} + t_{as3} + t_{as4} + t_{as5} + t_{as6} + t_{aszbytek}$$

$$t_{as110} = 0,523 + 0,165 + 0,84 + 0,127 + 0,115 + 0,018 + 0,492 = 2,28 \text{ [min]} \quad (2.18)$$

**Strojní čas** u operace 10 byl měřen na stopkách. Je to čas od startu nástroje po kompletní dokončení této operace, což prezentuje upnutí obrobku, najetí požadovaného nástroje, vlastní operace obrábění, přejezdy nástrojů a jejich výměna a prostoje. Tyto informace platí pro všechna následující stanovení strojních časů.

Výsledný strojní čas je:  $t_{as110} = 2,28 \text{ [min]}$

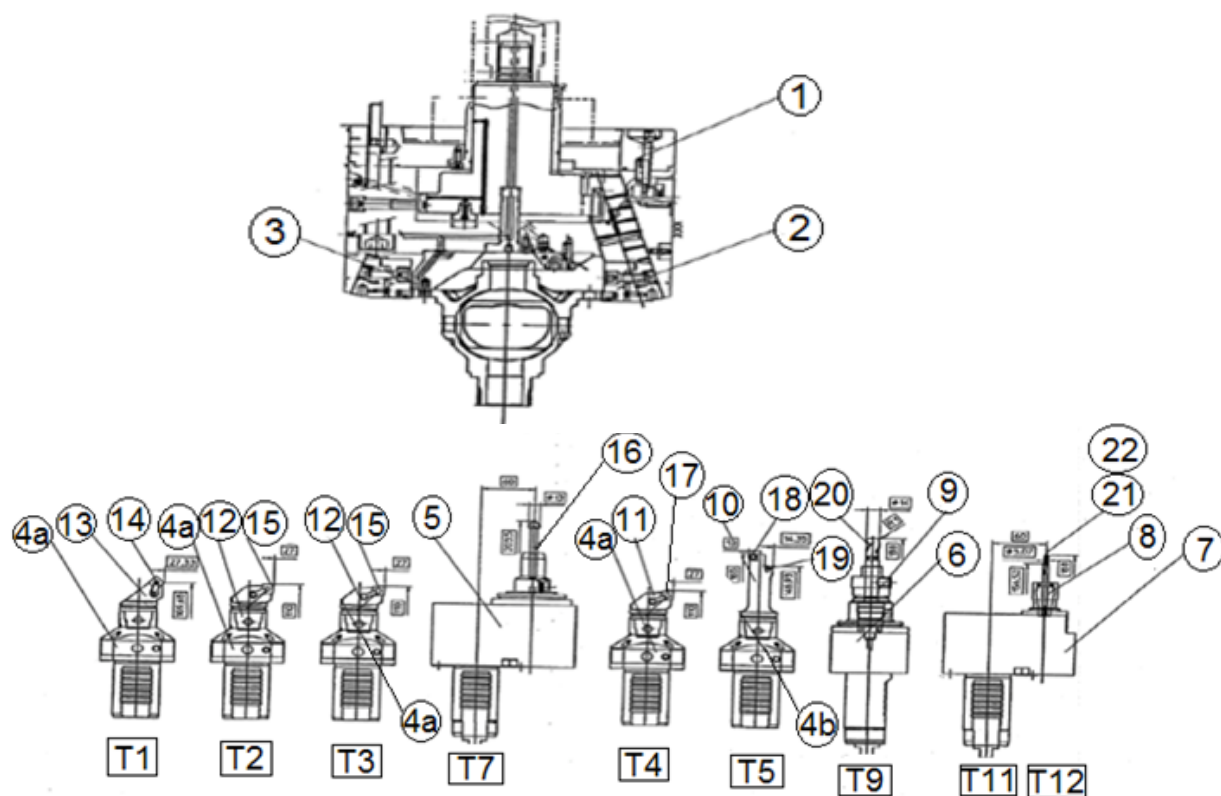
Jak je zřejmé ze vztahu (2.18), vypočtený strojní čas se shoduje s naměřeným strojním časem.

**Náklady** u operace 10 jsou stanoveny koncernem VW. Z důvodů interního charakteru těchto údajů (např. hodinová sazba stroje, obecně pořizovací náklady nástrojů) nemohu vypočítat danou hodnotu nákladů. Tyto informace platí u všech dalších stanovení nákladů.

Celkové náklady jsou:  $c_{110} = 0,290 \text{ [€]}$

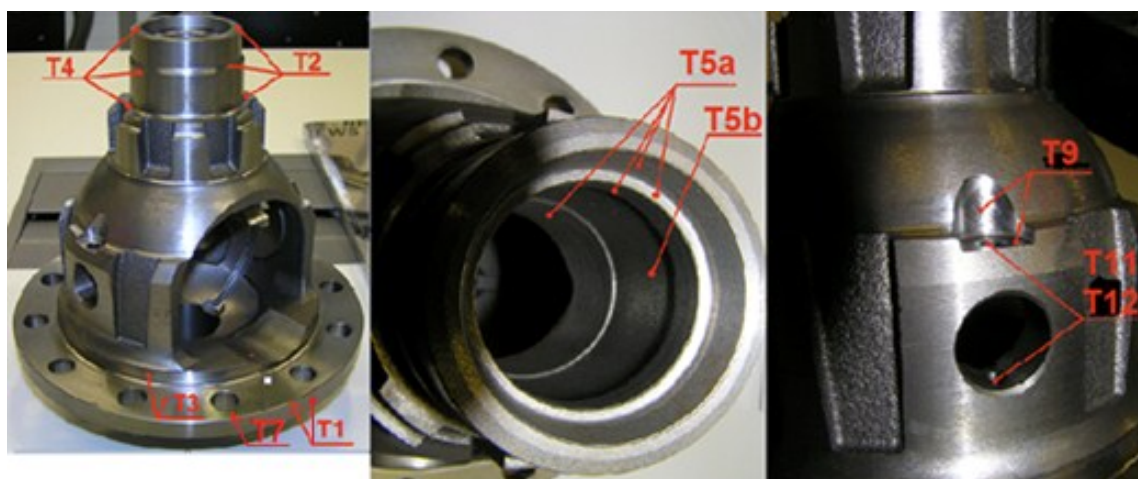
## 2.2 Operace 20:

Následující operace obsahuje další řadu použitých nástrojů k finálnímu dokončení diferenciálu. Výkres zobrazuje všechny nástroje a způsob upnutí, následuje rozbor každého nástroje zvlášť, včetně detailu obráběné plochy.



Obr. 2.19 Operace 20

Celkový přehled vykonaných operací:



Obr. 2.20 Vykonané operace

Popis jednotlivých nástrojů a pozic včetně označení:

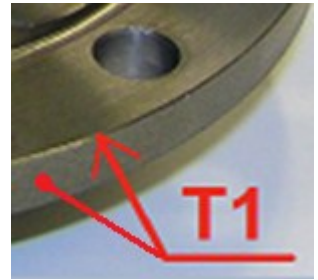
Pozice: 1 - upínací hlava, 2 – doraz, 3 – čelisti

**Nástroj T1** - Sražení hrany pod úhlem  $45^\circ$  a soustružení velkého průměru

Pozice: 14 - VBD  $\Delta 150$  SNMG120416 NM5 WAK20  
13 - hlavička KM 40  
4a - základní držák, KM 40

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$f = 0,2$  [mm],  $v_c = 220$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,5$  [mm]



Obr. 2.21 Obráběné plochy nástrojem T1

**Nástroj T2** - Hrubování čela, průměru a délky

Pozice: 15 - VBD  $\Delta 150$ , CNMG 120412 NM5 WAK20  
12 - hlavička, KM 40  
4a - základní držák, KM 40

Řezné parametry při příslušném průměru

a délce obrábění:

$f = 0,25$  [mm],  $v_c = 280$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,2$  [mm]



Obr. 2.22 Obráběné plochy nástrojem T2

**Nástroj T3** - Soustružení spodního čela a průměru

Pozice: 15 - VBD  $\Delta 150$ , CNMG 120412 NM5 WAK20  
12 - hlavička, KM 40  
4a - základní držák, KM 40

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$f = 0,25$  [mm],  $v_c = 220$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,5$  [mm]



Obr. 2.23 Obráběné plochy nástrojem T3

**Nástroj T7** - Zhloubení díry

Pozice: 5 - základní držák, DS 50LDTAH D08 AR 106699  
16 - Záhlubník  $\Delta 1950$ , FX.005895

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$n = 1000$  [min<sup>-1</sup>],  $f = 0,2$  [mm]



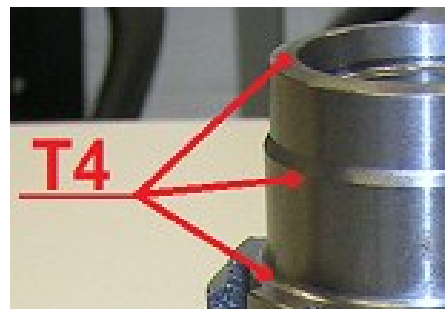
Obr. 2.24 Obráběné plochy nástrojem T7

**Nástroj T4** - Dokončení čela, průměru a délky

Pozice: 4a - základní držák, KM 40  
11 - hlavička, KM 40  
17 - VBD  $\Delta 150$ , CNMG 120408  
WAK20

Řezné parametry při příslušném průměru  
a délce obrábění:

$f = 0,25$  [mm],  $v_c = 230$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,5$  [mm]



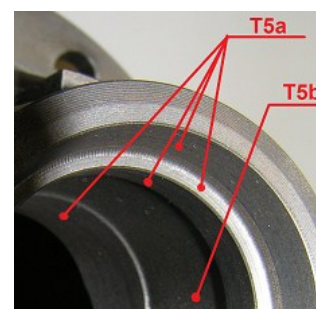
Obr. 2.25 Obráběné plochy nástrojem T4

**Nástroj T5** - Nástroj na pozici 18 hruboval dle označení T5a, nástroj na pozici 19 hruboval osazení označené T5b.

Pozice: 4b - základní držák, KM 50  
10 - hlavička, KM 50  
18 - VBD  $\Delta 150$ , CCMW 09T308 WAK 20  
19 - VBD  $\Delta 150$ , TCMW 110208PM5 WAK20

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$f = 0,2$  [mm],  $v_c = 230$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,3$  [mm]



Obr. 2.26 Obráběné plochy nástrojem T5

**Nástroj T9** - Frézování spodní plochy a boku diferenciálu.

Pozice: 20 - Fréza  $\Delta 1200$ , F 306B14000AG  
KC 7215  
9 - hlavička, AX1067002  
6 - základní držák, DS50

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$n = 2700$  [min<sup>-1</sup>],  $f = 0,2$  [mm]



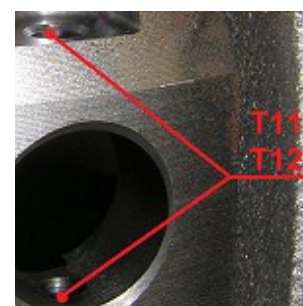
Obr. 2.27 Obráběné plochy nástrojem T9

**Nástroj T11, T12** - Předvrtání díry vrtákem T11 a dokončení vrtákem T12.

Pozice: 21 - Centr.vrták- upraveny 90°  $\Delta 600$   
B 505Z06000 K 10  
22 - vrták  $\Delta 300$ , B 712A1067106 KC 7015  
8 - kleština, 20 ER 070M  
7- základní držák, DS 50

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$n_{11} = 1000$  [min<sup>-1</sup>],  $n_{12} = 2000$  [min<sup>-1</sup>],  $f = 0,2$  [mm]



Obr. 2.28 Obráběné plochy nástrojem T11 a T12

U operace 20 budou racionalizovány soustružnické nože číslo T02 a T05, krátký vrták T11 a vrták T12 z těchto důvodů:

- T11 navrtání otvorů se sražením
- T12 vrtá do plného materiálu – zavrta a vyjede, v cyklu 6x,
- T12, nízká životnost vrtáku - 300 ks,
- u T7 nájezdová dráha 7 [mm] → pracovní posuv 300 [mm/min], bez rychloposuvu
- časových – rychlý chod,
- jedním nožem obráběna jedna kontura,
- posuv na otáčku 0,2 [mm],
- stávající VBD,
- upínací jednotka (držák) KM 40,
- dlouhé nájezdové dráhy – až 8 [mm].

**Strojní čas** u operace 20:

Výsledný strojní čas je:  $t_{as120} = 2,29[\text{min}]$

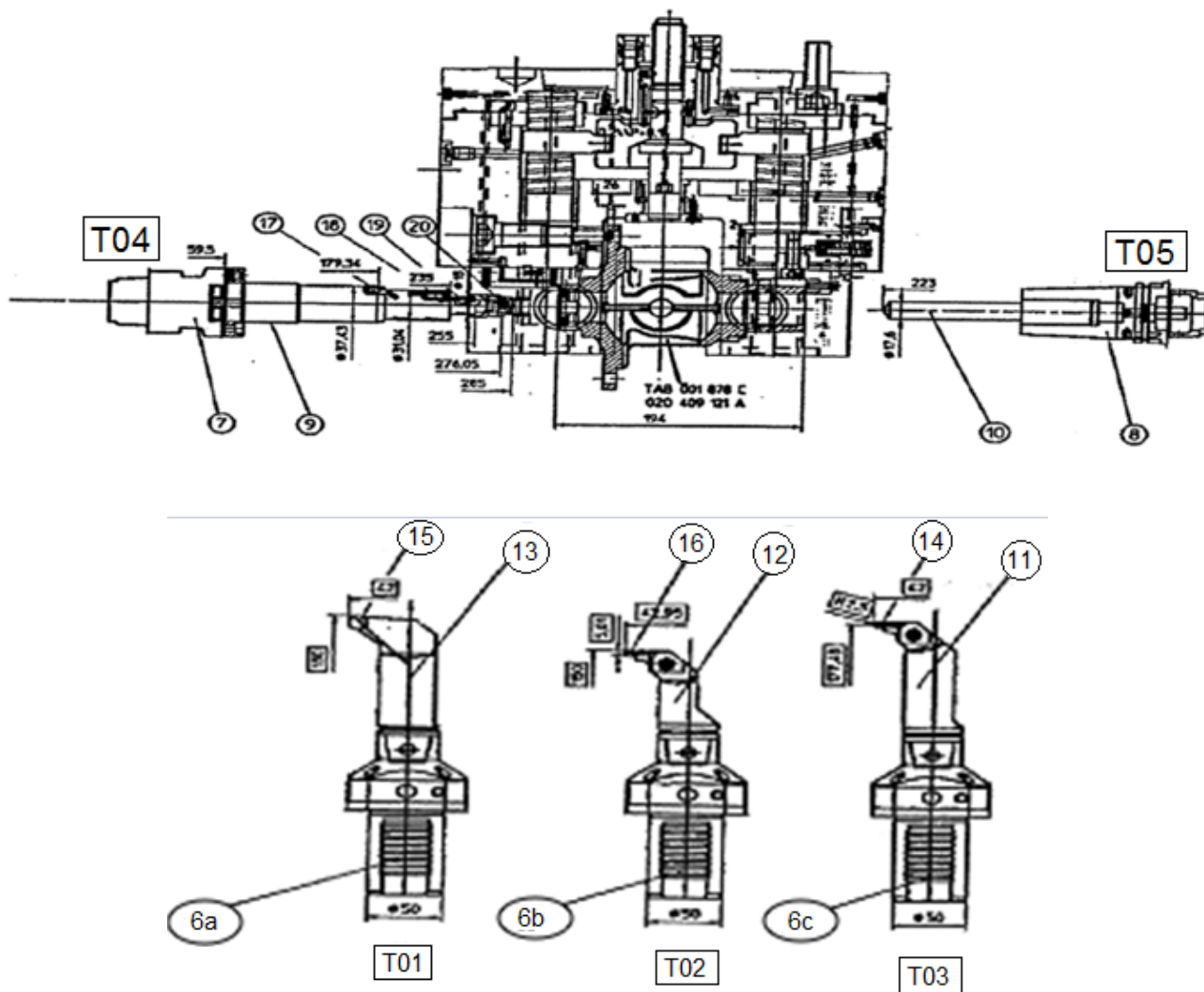
**Náklady** u operace 20:

Celkové náklady jsou:  $c_{120} = 0,555[€]$



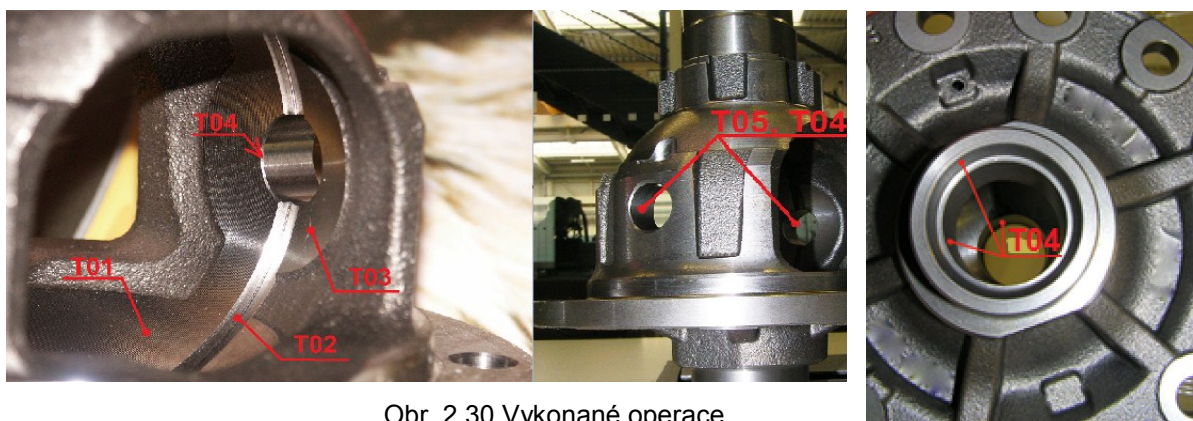
### 2.3 Operace 30:

Z výkresu lze zjistit všechny použité nástroje u této operace, následuje rozbor každého nástroje zvlášť, včetně detailu obráběné plochy.



Obr. 2.29 Operace 30

Celkový přehled vykonaných operací:



Obr. 2.30 Vykonané operace



Popis jednotlivých nástrojů a pozic, včetně označení:

#### **Nástroj T01 - Hrubování díry**

Pozice: 6a - základní držák, KM 50  
15 - VBD  $\Delta 180$ , DNMG 150612 RP KC 9110  
13 - hlavička, TK 1512672

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$f = 0,35$  [mm],  $v_c = 220$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,5$  [mm]



Obr. 2.31 Obráběná plocha nástrojem T01

#### **Nástroj T02 - Soustružení drážky**

Pozice: 6b - základní držák, KM 50  
16 - VBD  $\Delta 180$ , DCMT 11T308 PS5 WAK 20  
12 - hlavička, TK 1512673

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$f = 0,2$  [mm],  $v_c = 180$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,3$  [mm]



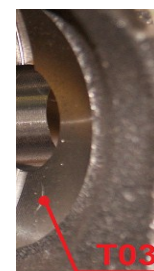
Obr. 2.32 Obráběná plocha nástrojem T02

#### **Nástroj T03 - Dokončení otvoru na hotovo**

Pozice: 6c - základní držák, KM 50  
14 - VBD  $\Delta 180$ , A4 G0505M05U04GMN KC 5025  
11 - hlavička, TK 1514511

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

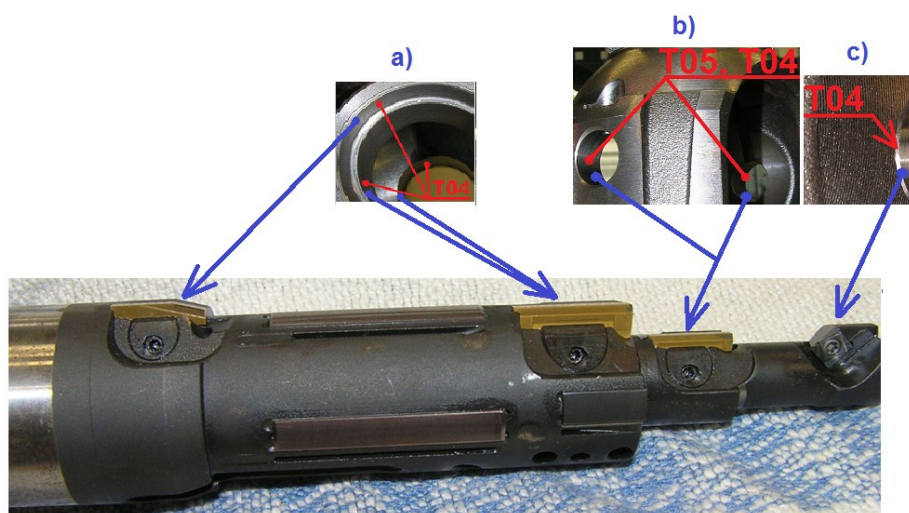
$f = 0,41$  [mm],  $v_c = 220$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,4$  [mm]



Obr. 2.33 Obráběná plocha nástrojem T03

#### **Nástroj T04 - Vystružování**

Pozice: 7- upínací držák, K 32298 - 02  
9 - vyvrtávací tyč, 9-27941-150470 (GB37K-27-1677)  
17 - VBD  $\Delta 1000$ , SP - 70079 - 2 - W  
18 - VBD  $\Delta 1000/2000$ , DZ - 93 R6W  
19 - VBD  $\Delta 1000/2000$ , DZ - 92 R6W  
20- VBD  $\Delta 4000/16000$ , SPXT 060304R-2JN



Obr. 2.34 Obráběné plochy nástrojem T04

- a) Vystružení vnějších průměrů a kužele
- b) Vystružení otvorů
- c) Sražení hrany

Aby výstružník mohl vejít a hlavně vyjít z díry, musí se nástroj zastavit a dát mimo osu.

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$f = 0,2 \text{ [mm]}$ ,  $v_c = 500 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ ,  $a_p = 0,3 \text{ [mm]}$

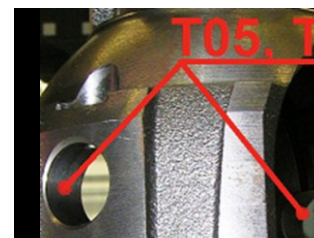
**Nástroj T05** - Vyvrtání obou otvorů

Pozice: 10 - Vrták  $\Delta 180$ , SF 1017163 (10046542)

8 - indukční držák, MN5828 - 08 - K Č 25

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$n = 2000 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ ,  $f = 0,12 \text{ [mm]}$



Obr. 2.35 Obráběná plocha nástrojem T05

U operace 30 bude racionalizován jen vrták T5 a to z důvodu:

- časového – tato operace je pomalá a operace 20 naopak rychlá – vyvážení chodu.

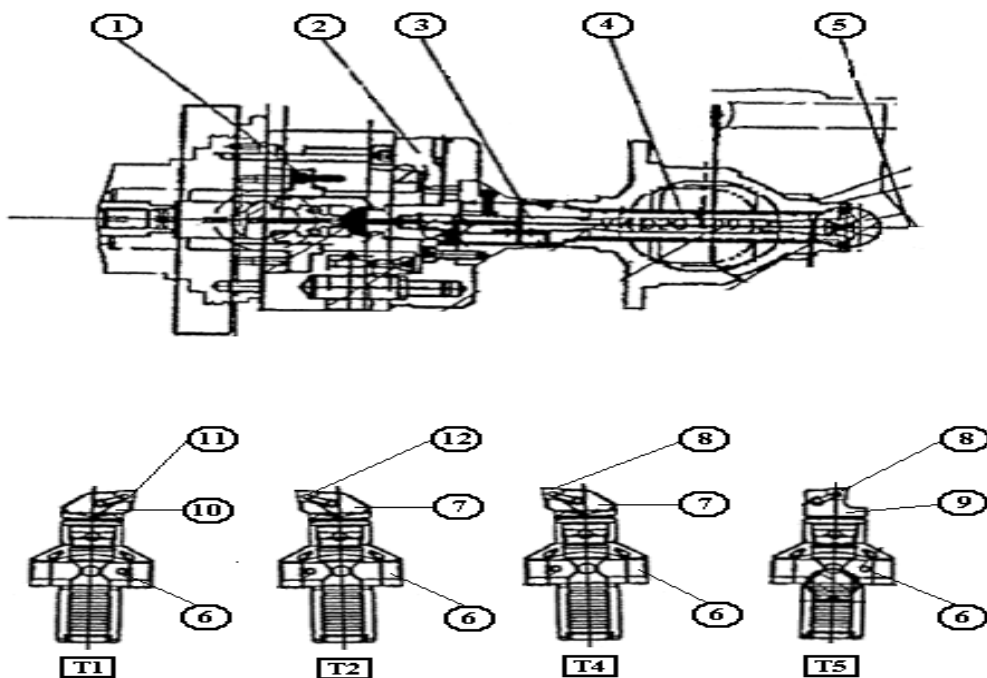
**Strojní čas** u operace 30:

Výsledný strojní čas je:  $t_{as130} = 2,15 \text{ [min]}$

**Náklady** u operace 30 nebyly podstatné vůči racionalizaci, tudíž se jimi nebudu zabývat.

## 2.4 Operace 40:

Poslední operace ve stávající výrobě k finálnímu dokončení diferenciálu. Následuje rozbor každého nástroje zvlášť, včetně detailu obráběné plochy.



Obr. 2.36 Operace 40

Popis jednotlivých nástrojů a pozic, včetně označení:

Pozice:

- 1 - upínací hlava
- 2 - upínací příruba
- 3 - upínací kleštiny
- 4 - Centrovací hrot
- 5 - Otočný protihrot

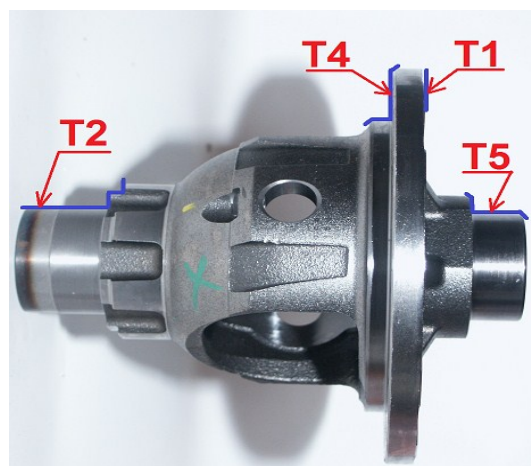
**Nástroj T1** - Soustružení velkého průměru

Pozice:

- 6 – základní držák, KM 40
- 10 - hlavička, KM 40
- 11 - VBD  $\Delta 200/800$  – HRH,  
CNMG 120412 NM5 WAK20

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$f = 0,37$  [mm],  $v_c = 400$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,3$  [mm]



Obr. 2.37 Celkový přehled  
obráběných ploch

**Nástroj T2** - Soustružení malého průměru

Pozice: 6 - základní držák, KM 40  
7 - hlavička, KM 40  
12 - VBD  $\Delta 200/800$  – VRH, CNMG 120412 NM5 WAK20

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$f = 0,15$  [mm],  $v_c = 300$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,3$  [mm]

**Nástroj T4** - Soustružení zadního čela a průměru

Pozice: 6 - základní držák, KM 40  
7 - hlavička, KM 40  
8 - VBD  $\Delta 200/800$ ,  
CNMG 120408 NM WAK20

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$f = 0,2$  [mm],  $v_c = 500$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,3$  [mm]

**Nástroj T5** - Soustružení malého průměru a předního čela

Pozice: 6 - základní držák, KM 40  
9 - hlavička, TK 1068643  
8 - VBD  $\Delta 200/800$ , CNMG 120408 NM WAK20

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$f = 0,15$  [mm],  $v_c = 520$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,3$  [mm]

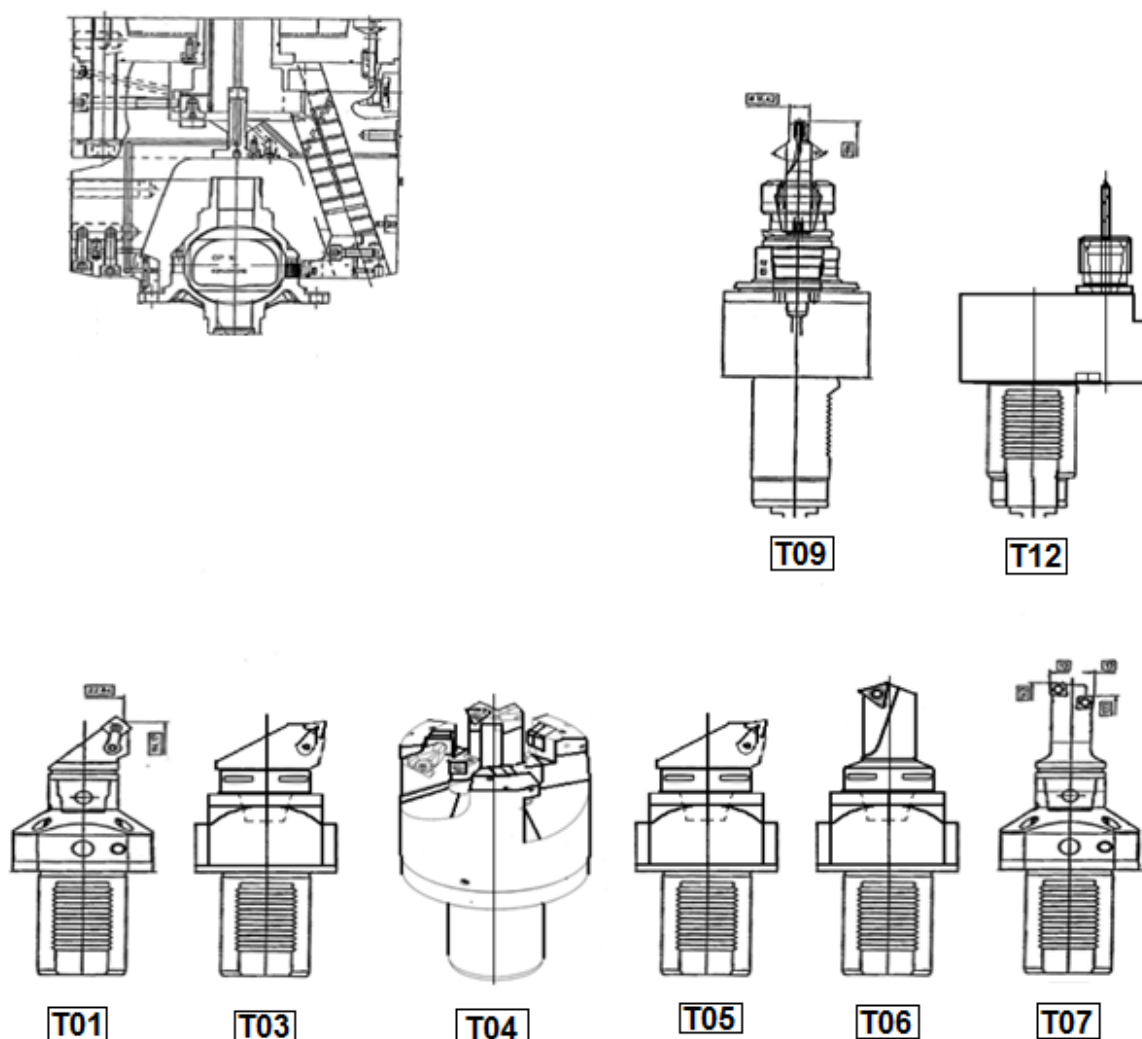
U operace 40 budou racionalizovány nájezdové dráhy.

**Strojní čas** ani **náklady** zde u operace soustružení nehrály roli, proto je zde neuvádím.

### 3. Racionalizace výroby skříní diferenciálů

Racionalizace novou technologií se týká výměny komponentů u vybraných nástrojů, které uspoří chod výroby diferenciálu jak po stránce finanční, tak po stránce časové. Ne u všech prvotně vyměněných nástrojů se výměna komponentů vyplatila. Po vyzkoušení a ustálení se docílilo takovýchto změn u vybraných operací:

#### 3.1 Operace 10:



Obr. 3.1 Operace 10

#### Přehled změn a vylepšení:

T01 – beze změny

T03 - nová upínací jednotka + nová VBD

T04 – sloučení dvou operací v jednu – nové upnutí + nové VBD

T05 - nová upínací jednotka + nová VBD

T06 - nově oproti původní technologii

T07 - beze změny

T09 - beze změny

T12 - beze změny

### Hlavní důvody racionalizace:

- Zrychlení chodu – časové a finanční úspory
- Navýšení produkce díky nové technologii
- Delší životnost VBD

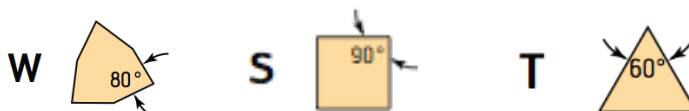
### Změny:

- Nové VBD:
  - WNMG 060412 NM5 WAK 20 - 6 řezných hran, přičemž cena je  $\pm$  stejná, jak staré se 4 řeznými hranami.
  - SCMT 09T304 PM 5 WAK 20,
  - WCMT 06T308 PM 5 WAK 20
  - TCMT 16T308 PM5 WAK 10
- Nový velký upínač Capto 5 – pevnější, silnější
- Posuv na otáčku 1 [mm]
- Sloučení dvou operací do jedné – 1 komplexní, stabilní nástroj
- Zkrácení nájezdových drah u všech operací z 8 [mm] na 2 [mm]

### Popis značení (klíč značení podle ISO 1832) dle [2] :

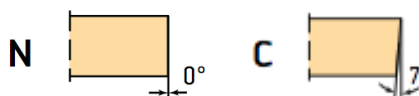
- VBD WNMG 060412 NM5 WAK 20
- VBD SCMT 09T304 PM 5 WAK 20
- VBD WCMT 06T308 PM 5 WAK 20

Tvar destičky →



Obr. 3.2 Tvary destiček [2]

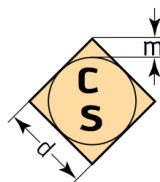
Úhel hřbetu →



Obr. 3.3 Úhel hřbetu [2]

Tolerance →

**M**



Tab. 3.1 Tolerance [2]

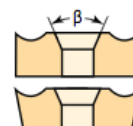
	d [mm]	m [mm]	s [mm]
M	$\pm 0,05 - 0,15^2$	$\pm 0,08 - 0,20^2$	$\pm 0,130$

Charakteristiky obrábění a upnutí →

**G**



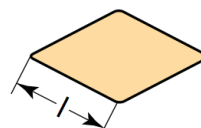
**T**



Obr. 3.4 Charakteristiky obrábění a upnutí [2]

$\beta = 40-60^\circ$

Délka řezné hrany l [mm] → 06, 09



Obr. 3.5 Řezná hrana [2]

Tloušťka destičky s [mm] →

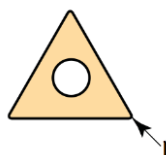


04 s= 4,76 [mm]

T3 s= 3,97 [mm]

Obr. 3.6 Tloušťka destičky [2]

Zaoblení rohů r [mm] →



12 → r= 1,2 [mm]

04 → r= 0,4 [mm]

08 → r= 0,8 [mm]

Obr. 3.7 Zaoblení rohů [2]

**NM5, PM5:** -Údaje výrobce / index geometrie Walter

Základní tvar → N, P →



Obr. 3.8 Základní tvar [2]

oblast lámání třísky → M



Legenda k obr. 3.9:

$a_p$  – hloubka řezu [mm]

$f$  – posuv [mm]

- F** Dokončovací obrábění
- S** Polodokončovací obrábění
- M** Střední obrábění
- R** Hrubování

Obr. 3.9 Oblast lámání třísky [2]

provedení bříty → 5



Obr. 3.10 Provedení bříty [2]

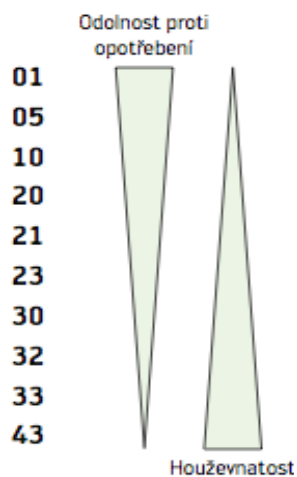
**WAK20** - Klíč značení pro řezné materiály ze slinutého karbidu – soustružení

W →Walter

A→Hlavní použití nebo druh povlaku → Hliníkový povlak CVD

K →Hlavní použití→ litina

20 →Oblast použití ISO



Obr. 3.11 Oblast použití [2]



### Popis nástrojů:

**Nástroj T01** - Nástroj zůstal beze změny.

Řezné parametry:

$f = 0,25$  [mm],  $v_c = 230$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,5$  [mm],  $D_c = 168$  [mm],  $L = 53$  [mm],  $l_p = 2$  [mm],  $l_n = 2$  [mm]

Zarovnání plošky soustružnickým nožem.

**Nástroj T04** - Původní operace T02 a T05 jsou sdruženy v 1 nástroj

- Upnutí VDI 50
- Má 3 zuby
- Nové VBD:
  - SCMT 09T304 PM 5 WAK 20,
  - WCMT 06T308 PM 5 WAK 20
  - SNMG 120416 NM 5 WAK 20
- Rychlejší chod oproti původní technologii
- Sloučený ze dvou nástrojů



Obr. 3.12 Nástroj T04

Řezné parametry:

$f = 1$  [mm],  $v_c = 220$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,3$  [mm],

$D_{c1} = 38$  [mm],  $L_{41} = 4$  [mm],  $l_p = 0$  [mm],  $l_n = 2$  [mm]

$D_{c2} = 46,05$  [mm],  $L_{42} = 19$  [mm],  $l_p = 0$  [mm],  $l_n = 0$  [mm]

$D_{c3} = 66$  [mm],  $L_{43} = 10$  [mm],  $l_p = 2$  [mm],  $l_n = 0$  [mm]

$D_{c4} = 29$  [mm],  $L_{44} = 31$  [mm],  $l_p = 2$  [mm],  $l_n = 0$  [mm]

$D_{c5} = 31,03$  [mm],  $L_{45} = 3$  [mm],  $l_p = 0$  [mm],  $l_n = 2$  [mm]

Hrubování vnějšího i vnitřního čela, průměrů a délky.

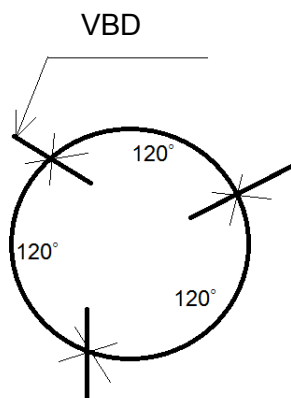


Obr. 3.13 Obráběné plochy nástrojem T04

**Vhodné uspořádání neboli know - how firmy Walter:**

Pokus a)

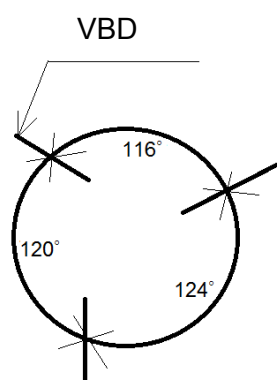
nefunkční:



Obr. 3.14 Nefunkční upořádání VBD

Pokus b)

vhodné uspořádání:



Obr. 3.15 Vhodné upořádání VBD

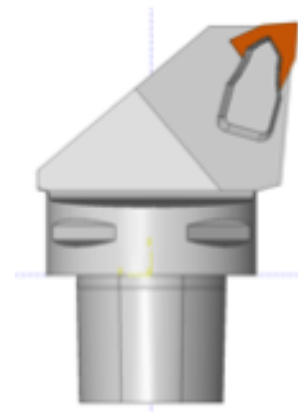
U původní technologie vznikalo při obrábění nepříjemné pískání a hlavně vibrace. Z těchto důvodů se konstrukčně upravily mezizubové úhly. Nestejnoměrným rozložením úhlů se podařilo odstranit frekvenci kmitání a tím zamezit vzniku nežádoucího pískání.

#### Výhody pro zákazníka:

- Zkrácení obráběcího času – 3 zuby
- Nízké náklady na 1ks – 8 řezných hran
- Stabilní upnutí do monobloku VDI50
- VBD jsou skladem

**Nástroj T05** - vyměněny následující komponenty:

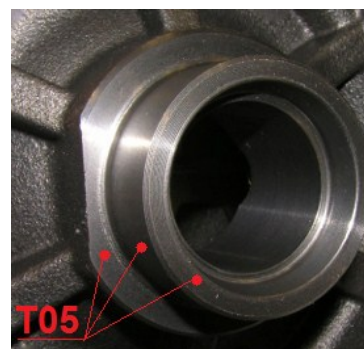
- Držák za nový velký Capto C5
- Nová VBD – WNMG 060408 NM5 WAK 20
  - 6 řezných hran místo původních 4
- Upnutí VDI 50 – C5



Obr. 3.16 Nástroj T05

Řezné parametry:

$f = 0,3 \text{ [mm]}$ ,  $v_c = 220 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$ ,  $a_p = 0,5 \text{ [mm]}$ ,  
 $D_{c1} = 38 \text{ [mm]}$ ,  $L_{51} = 4 \text{ [mm]}$ ,  $l_p = 0 \text{ [mm]}$ ,  $l_n = 2 \text{ [mm]}$   
 $D_{c2} = 46,05 \text{ [mm]}$ ,  $L_{52} = 19 \text{ [mm]}$ ,  $l_p = 0 \text{ [mm]}$ ,  $l_n = 0 \text{ [mm]}$   
 $D_{c3} = 66 \text{ [mm]}$ ,  $L_{53} = 10 \text{ [mm]}$ ,  $l_p = 2 \text{ [mm]}$ ,  $l_n = 0 \text{ [mm]}$   
 Dokončení soustružnickým nožem na hotovo čelo,  
 průměr a délku.



Obr. 3.17 Obráběné plochy nástrojem T05

#### Výhody pro zákazníka:

- Krátký čas opracování
- Nízké náklady na 1ks – 6 řezných hran
- Stabilní upnutí Capto C5
- Dostupnost - skladem

**Nástroj T03** - nahrazený za původní T02 (spojen v 1 nástroj T04). Stejný jako již zmíněný nástroj T05.

- Držák, nový velký Capto C5
- Nová VBD – WNMG 060408 NM5 WAK 20 - 6 řezných hran
- Upnutí VDI 50 – C5



Obr. 3.18 Obráběná plocha nástrojem T03

Soustružení velkého průměru

Řezné parametry:

$v_c=230 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ ,  $a_p=0,5 \text{ [mm]}$ ,  $f= 0,3 \text{ [mm]}$

$D_c=168 \text{ [mm]}$ ,  $L=10 \text{ [mm]}$ ,  $l_p=1 \text{ [mm]}$ ,  $l_n=2 \text{ [mm]}$

**Nástroj T06** - nově oproti původní technologii

- VBD má 3 řezné hrany
- Upnutí VDI 50 – C4
- Velký Capto C4 držák
- VBD : TCMT 16T308 PM5 WAK10

Řezné parametry:

$f= 0,3 \text{ [mm]}$ ,  $v_c=280 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ ,  $a_p=0,3 \text{ [mm]}$ ,

$D_{c1}=29 \text{ [mm]}$ ,  $L_{61}=31 \text{ [mm]}$ ,  $l_p=2 \text{ [mm]}$ ,  $l_n=2 \text{ [mm]}$

Dokončení na hotovo vnějšího průměru

**Výhody pro zákazníka:**

- Krátký čas opracování
- Nízké náklady na 1ks – 3 řezné hrany
- Stabilní upnutí Capto C4
- Dostupnost - skladem



Obr. 3.19 Nástroj T06



Obr. 3.20 Obráběna plocha nástrojem T06

**Nástroj T07** - nahrazen za operaci T05, která je spojena v 1 nástroj T04.

VBD i upínání beze změny.

Řezné parametry:

$f= 0,3 \text{ [mm]}$ ,  $v_c=230 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ ,  $a_p=0,5 \text{ [mm]}$

$D_{c1}=31,03 \text{ [mm]}$ ,  $L_{71}=3 \text{ [mm]}$ ,  $l_p=2 \text{ [mm]}$ ,  $l_n=0 \text{ [mm]}$

$D_{c2}=35,3 \text{ [mm]}$ ,  $L_{72}=7 \text{ [mm]}$ ,  $l_p=0 \text{ [mm]}$ ,  $l_n=2 \text{ [mm]}$

Dokončení na hotovo vnějšího průměru a kužele.



Obr. 3.21 Obráběné plochy nástrojem T07

**Nástroj T09** - Nástroj beze změny.

Řezné parametry:

$n = 2000 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ ,  $D_c = 11,3 \text{ [mm]}$ ,  $L = 16 \text{ [mm]}$ ,  $f = 0,2 \text{ [mm]}$ ,  $l_p = 2 \text{ [mm]}$ ,  $l_n = 2 \text{ [mm]}$

Vyvtřtání všech děr po obvodu včetně sražení hran stupňovitým vrtákem.

**Nástroj T12** - stejné komponenty i po racionalizaci

Řezné parametry:

$n = 2500 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ ,  $D_c = 6 \text{ [mm]}$ ,  $f = 0,2 \text{ [mm]}$ ,  $L = 1 \text{ [mm]}$ ,  $l_p = 2 \text{ [mm]}$ ,  $l_n = 2 \text{ [mm]}$

Sražení hrany

### Příklad výpočtu strojního času u operace 10:

**Nástroj T01** - Zarovnání plošky soustružnickým nožem

$f = 0,25 \text{ [mm]}$

$v_c = 230 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$

$a_p = 0,5 \text{ [mm]}$

$D_c = 168 \text{ [mm]}$

$L = 53 \text{ [mm]}$

$l_p = 2 \text{ [mm]}$

$l_n = 2 \text{ [mm]}$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_c \cdot \pi} = \frac{230 \cdot 1000}{168 \cdot \pi} = 435,78 \text{ [min}^{-1}\text{]} \approx 436 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

$$L_1 = L + l_p + l_n = 53 + 2 + 2 = 57 \text{ [mm]}$$

$$t_{as1} = \frac{L_1}{n \cdot f} = \frac{57}{436 \cdot 0,25} = 0,523 \text{ [min]} \quad (3.1)$$

**Nástroj T03** - Soustružení velkého průměru

$f = 0,3 \text{ [mm]}$

$v_c = 230 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$

$a_p = 0,5 \text{ [mm]}$

$D_c = 168 \text{ [mm]}$

$L = 10 \text{ [mm]}$

$l_p = 1 \text{ [mm]}$

$l_n = 2 \text{ [mm]}$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_c \cdot \pi} = \frac{230 \cdot 1000}{168 \cdot \pi} = 436 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

$$L_3 = L + l_p + l_n = 10 + 1 + 2 = 13 \text{ [mm]}$$

$$t_{as3} = \frac{L_3}{n \cdot f} = \frac{13}{436 \cdot 0,3} = 0,099 \text{ [min]} \quad (3.2)$$

**Nástroj T04** - Hrubování vnějšího i vnitřního čela, průměrů a délky

$f = 1 \text{ [mm]}$

$v_c = 220 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$

$a_p = 0,3 \text{ [mm]}$

$D_{c1} = 38 \text{ [mm]}$

$L_{41} = 4 \text{ [mm]}$

$l_p = 0 \text{ [mm]}$ ,  $l_n = 2 \text{ [mm]}$

čelo:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_{c1} \cdot \pi} = \frac{220 \cdot 1000}{38 \cdot \pi} = 1843 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

$$L_4 = L_{41} + l_p + l_n = 4 + 0 + 2 = 6 \text{ [mm]}$$

$$t_{as41} = \frac{L_4}{n \cdot f} = \frac{6}{1843 \cdot 1} = 0,003 \text{ [min]} \quad (3.3)$$

$$D_{c2} = 46,05 \text{ [mm]}$$

$$L_{42} = 19 \text{ [mm]}$$

$$l_p = 0 \text{ [mm]}$$

$$l_n = 0 \text{ [mm]}$$

$$D_{c3} = 66 \text{ [mm]}$$

$$L_{43} = 10 \text{ [mm]}$$

průměr:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_{c2} \cdot \pi} = \frac{220 \cdot 1000}{46,05 \cdot \pi} = 1520 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

$$L_4 = L_{42} + l_p + l_n = 19 + 0 + 0 = 19 \text{ [mm]}$$

$$t_{as42} = \frac{L_4}{n \cdot f} = \frac{19}{1520 \cdot 1} = 0,013 \text{ [min]} \quad (3.4)$$

délka:

$$l_p = 2 \text{ [mm]}$$

$$l_n = 0 \text{ [mm]}$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_{c3} \cdot \pi} = \frac{220 \cdot 1000}{66 \cdot \pi} = 1061 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

$$L_4 = L_{43} + l_p + l_n = 10 + 2 + 0 = 12 \text{ [mm]}$$

$$t_{as43} = \frac{L_4}{n \cdot f} = \frac{12}{1061 \cdot 1} = 0,011 \text{ [min]} \quad (3.5)$$

průměr:

$$f = 1 \text{ [mm]}$$

$$v_c = 220 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$$

$$a_p = 0,3 \text{ [mm]}$$

$$D_{c4} = 29 \text{ [mm]}$$

$$L_{44} = 31 \text{ [mm]}$$

$$l_p = 2 \text{ [mm]}$$

$$l_n = 0 \text{ [mm]}$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_{c4} \cdot \pi} = \frac{220 \cdot 1000}{29 \cdot \pi} = 2415 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

$$L_4 = L_{44} + l_p + l_n = 31 + 2 + 0 = 33 \text{ [mm]}$$

$$t_{as44} = \frac{L_4}{n \cdot f} = \frac{33}{2415 \cdot 1} = 0,014 \text{ [min]} \quad (3.6)$$

čelo:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_{c5} \cdot \pi} = \frac{220 \cdot 1000}{31,03 \cdot \pi} = 2257 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

$$L_4 = L_{45} + l_p + l_n = 3 + 0 + 2 = 5 \text{ [mm]}$$

$$t_{as45} = \frac{L_4}{n \cdot f} = \frac{5}{2257 \cdot 1} = 0,002 \text{ [min]} \quad (3.7)$$

$$D_{c5} = 31,03 \text{ [mm]}$$

$$L_{45} = 3 \text{ [mm]}$$

$$l_p = 0 \text{ [mm]}$$

$$l_n = 2 \text{ [mm]}$$

$$t_{as4} = t_{as41} + t_{as42} + t_{as43} + t_{as44} + t_{as45} = \text{[min]}$$

$$t_{as4} = 0,003 + 0,013 + 0,011 + 0,002 + 0,014 = 0,043 \text{ [min]} \quad (3.8)$$

**Nástroj T05** - Dokončení soustružnickým nožem na hotovo čelo, průměr a délku

$$f = 0,3 \text{ [mm]}$$

$$v_c = 220 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$$

$$a_p = 0,5 \text{ [mm]}$$

$$D_{c1} = 38 \text{ [mm]}$$

$$L_{s1} = 4 \text{ [mm]}$$

$$l_p = 0 \text{ [mm]}$$

$$l_n = 2 \text{ [mm]}$$

$$D_{c2} = 46,05 \text{ [mm]}$$

$$L_{s2} = 19 \text{ [mm]}$$

$$l_p = 0 \text{ [mm]}$$

$$l_n = 0 \text{ [mm]}$$

$$D_{c3} = 66 \text{ [mm]}$$

$$L_{s3} = 10 \text{ [mm]}$$

$$l_p = 2 \text{ [mm]}$$

$$l_n = 0 \text{ [mm]}$$

čelo:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_{c1} \cdot \pi} = \frac{220 \cdot 1000}{38 \cdot \pi} = 1843 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

$$L_5 = L_{s1} + l_p + l_n = 4 + 0 + 2 = 6 \text{ [mm]}$$

$$t_{as1} = \frac{L_5}{n \cdot f} = \frac{6}{1843 \cdot 0,3} = 0,011 \text{ [min]} \quad (3.9)$$

průměr:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_{c2} \cdot \pi} = \frac{220 \cdot 1000}{46,05 \cdot \pi} = 1520 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

$$L_5 = L_{s2} + l_p + l_n = 19 + 0 + 0 = 19 \text{ [mm]}$$

$$t_{as2} = \frac{L_5}{n \cdot f} = \frac{19}{1520 \cdot 0,3} = 0,042 \text{ [min]} \quad (3.10)$$

délka:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_{c3} \cdot \pi} = \frac{220 \cdot 1000}{66 \cdot \pi} = 1061 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

$$L_5 = L_{s3} + l_p + l_n = 10 + 2 + 0 = 12 \text{ [mm]}$$

$$t_{as3} = \frac{L_5}{n \cdot f} = \frac{12}{1061 \cdot 0,3} = 0,038 \text{ [min]} \quad (3.11)$$

$$t_{as5} = t_{as1} + t_{as2} + t_{as3} = \text{[min]}$$

$$t_{as5} = 0,011 + 0,042 + 0,038 = 0,091 \text{ [min]} \quad (3.12)$$

**Nástroj T06** - Dokončení na hotovo vnějšího průměru

$$f = 0,3 \text{ [mm]}$$

$$v_c = 280 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$$

$$a_p = 0,3 \text{ [mm]}$$

$$D_{c1} = 29 \text{ [mm]}$$

$$L_{s1} = 31 \text{ [mm]}$$

$$l_p = 2 \text{ [mm]}$$

$$l_n = 2 \text{ [mm]}$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_{c1} \cdot \pi} = \frac{280 \cdot 1000}{29 \cdot \pi} = 3073 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

$$L_6 = L_{s1} + l_p + l_n = 31 + 2 + 2 = 35 \text{ [mm]}$$

$$t_{as6} = \frac{L_6}{n \cdot f} = \frac{35}{3073 \cdot 0,3} = 0,038 \text{ [min]} \quad (3.13)$$

**Nástroj T07** - Dokončení na hotovo vnějšího průměru a kužele

f= 0,3 [mm]

průměr:

 $v_c=230$  [m.min<sup>-1</sup>] $a_p=0,5$  [mm]

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_{c1} \cdot \pi} = \frac{230 \cdot 1000}{31,03 \cdot \pi} = 2359 [\text{min}^{-1}]$$

 $D_{c1}=31,03$  [mm] $L_{71}=3$  [mm] $l_p=2$  [mm] $l_n=0$  [mm]

$$L_7 = L_{71} + l_p + l_n = 3 + 2 + 0 = 5 [\text{mm}]$$

$$t_{as71} = \frac{L_7}{n \cdot f} = \frac{5}{2359 \cdot 0,3} = 0,007 [\text{min}] \quad (3.14)$$

kužel:

 $D_{c2}=35,3$  [mm] $L_{72}=7$  [mm] $l_p=0$  [mm] $l_n=2$  [mm]

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_{c2} \cdot \pi} = \frac{230 \cdot 1000}{35,3 \cdot \pi} = 2074 [\text{min}^{-1}]$$

$$L_7 = L_{72} + l_p + l_n = 7 + 0 + 2 = 9 [\text{mm}]$$

$$t_{as72} = \frac{L_7}{n \cdot f} = \frac{9}{2074 \cdot 0,3} = 0,014 [\text{min}] \quad (3.15)$$

$$t_{as7} = t_{as71} + t_{as72} = [\text{min}]$$

$$t_{as7} = 0,007 + 0,014 = 0,021 [\text{min}] \quad (3.16)$$

**Nástroj T09** - Vyvrtání všech děr po obvodu včetně sražení hran stupňovitým vrtákemn= 2000 [min<sup>-1</sup>] $D_c=11,3$  [mm] $L_9=16$  [mm]

f=0,2 [mm]

 $l_p=2$  [mm] $l_n=2$  [mm]

$$v_f = n \cdot f = 2000 \cdot 0,2 = 400 [\text{mm} / \text{min}^{-1}]$$

$$L_9 = L + l_n + l_p = 16 + 2 + 2 = 20 [\text{mm}]$$

$$t_{as9} = \frac{L_9}{v_f} = \frac{20}{400} = 0,05 [\text{min}] \quad (3.17)$$

$$\text{Celkem 12 děr} \rightarrow t_{as3} = 0,05 \cdot 12 = 0,6 [\text{min}] \quad (3.18)$$

**Nástroj T12** - Sražení hranyn= 2500 [min<sup>-1</sup>] $D_c=6$  [mm] $L=1$  [mm]

f=0,2 [mm]

 $l_p=2$  [mm],  $l_n=2$  [mm]

$$v_f = n \cdot f = 2500 \cdot 0,2 = 500 [\text{mm} / \text{min}^{-1}]$$

$$L_{12} = L + l_p + l_n = 1 + 2 + 2 = 5 [\text{mm}]$$

$$t_{as12} = \frac{L_{12}}{v_f} = \frac{5}{500} = 0,01 [\text{min}] \quad (3.19)$$

**Celkový strojní čas:**

$$t_{as210} = t_{as1} + t_{as3} + t_{as4} + t_{as5} + t_{as6} + t_{as7} + t_{as9} + t_{as12} + t_{aszbytek}$$

$$t_{aszbytek} - \text{otočení revolveru: } 0,163 [\text{min}]$$

$$- \text{vyložení dílu, oplach: } 0,312 [\text{min}]$$

$$t_{aszbytek} = 0,475 [\text{min}] \quad (3.20)$$

$$\begin{aligned}
 t_{as210} &= t_{as1} + t_{as3} + t_{as4} + t_{as5} + t_{as6} + t_{as7} + t_{as9} + t_{as12} + t_{as_{zbytek}} \\
 t_{as210} &= 0,523 + 0,099 + 0,043 + 0,091 + 0,038 + 0,021 + 0,6 + 0,01 + 0,475 = 1,90[\text{min}]
 \end{aligned}
 \tag{3.21}$$

**Strojní čas** u operace 10:

Výsledný strojní čas je:  $t_{as210} = 1,90[\text{min}]$

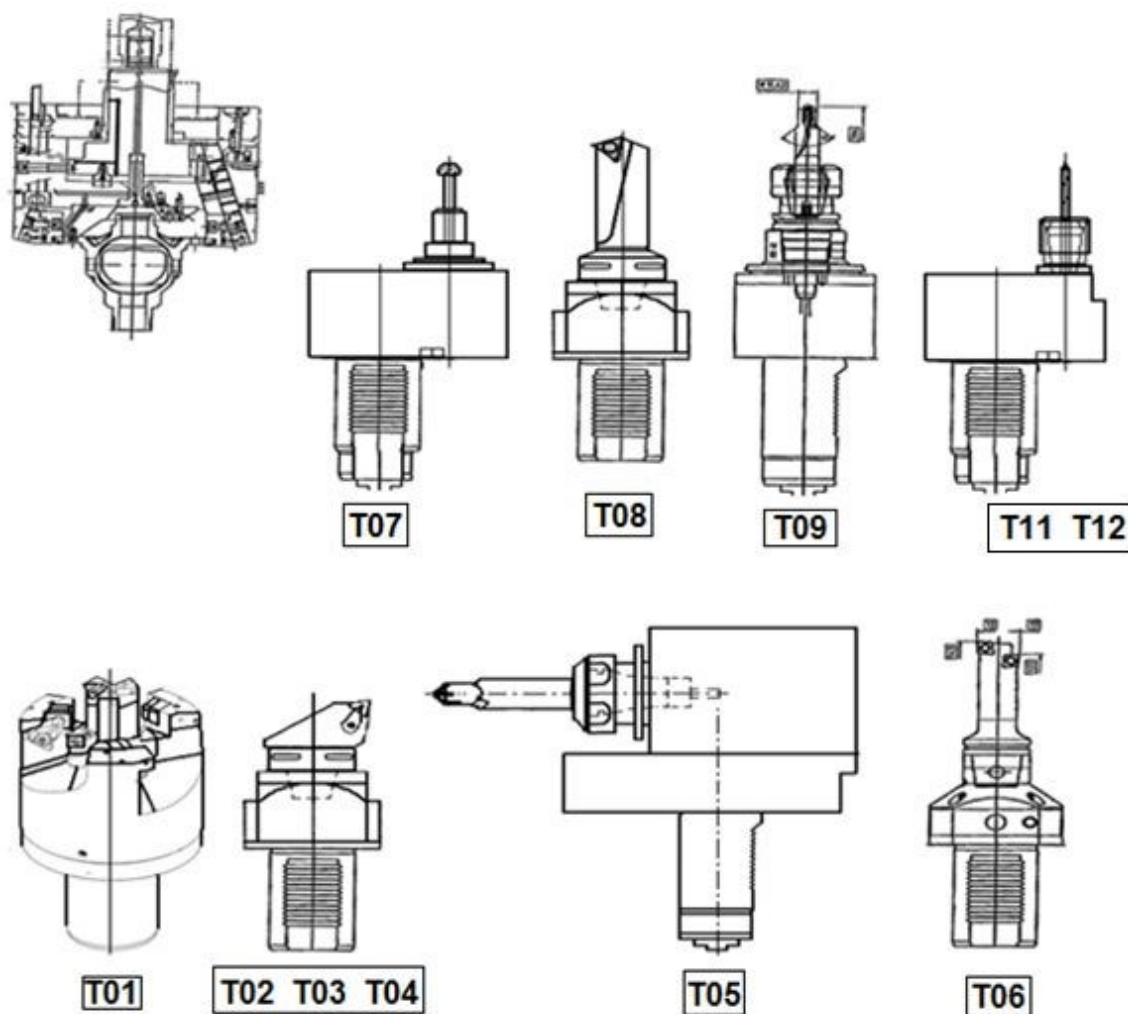
Jak je zřejmé ze vztahu (3.21), vypočtený strojní čas se shoduje s naměřeným strojním časem.

**Náklady** u operace 10:

Celkové náklady jsou:  $c_{210} = 0,240[\text{€}]$



### 3.2 Operace 20:



Obr. 3.22 Operace 20

#### Přehled změn a vylepšení:

T01 – sloučení dvou operací v jednu – nové upnutí + nové VBD

T02, T03, T04 - nová upínací jednotka + nová VBD

T05 – přesunut z operace 30, komponenty beze změny

T06 - beze změny

T07 - beze změny

T08 - nově oproti původní technologii

T09 - beze změny

T11, T12 - oba vrtací nástroje změněny

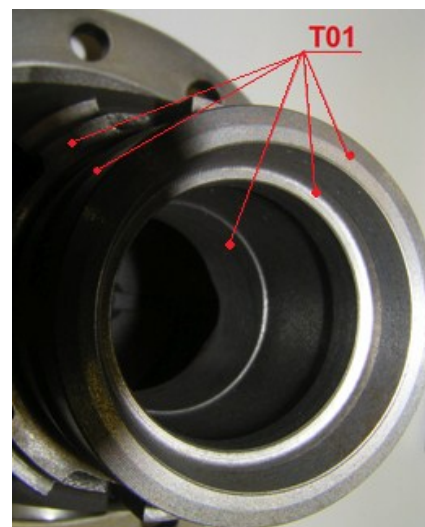
### Změny:

- Sdružení dvou operací v jednu
- Posuv na otáčku z 0,2 [mm] na 1 [mm]
- Použité nové VBD
- Velký stabilní upínač Capto 5
- Nové technologie vrtáků T11 a T12
- Zkrácení nájezdových drah
- Z operace 30 přesunut vrták T5

### Popis a vylepšení nástrojů:

**Nástroj T01** – Sdružení původních dvou nástrojů T2 a T5

- Použity nové VBD:
  - SNMG120416 NM5 WAK20
  - SCMT 09T304 PM 5 WAK 20
  - WCMT 06T308 PM 5 WAK 20
- Upnutí VDI 50
- 3 zuby
- Plynulejší chod



Obr. 3.23 Obráběné plochy nástrojem T01

### Výhody pro zákazníka:

- Zkrácení obráběcího času – 3 zuby
- Nízké náklady na 1ks – 8 řezných hran
- Stabilní upnutí do monobloku VDI50
- VBD jsou skladem
- Nestejnoměrné dělení uložení VBD, odstranění vibrací a pískání

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$f = 1$  [mm],  $v_c = 220$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 1,5$  [mm]

Hrubování vnějšího i vnitřního čela, průměrů a délky.

**Nástroj T02, T03, T04** – oproti původní technologii byly změněny:

- Držáky za Capto C5
- VBD – WNMG 060408NM5 WAK 20
  - 6 řezných hran místo původních 4
- Upnutí VDI 50 – C5

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$f = 0,25$  [mm],  $v_c = 230$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,5$  [mm]

Soustružení čela.

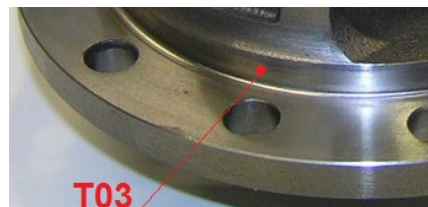


Obr. 3.24 Obráběná plocha nástrojem T02

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$f = 0,2$  [mm],  $v_c = 270$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,5$  [mm]

Soustružení průměru.

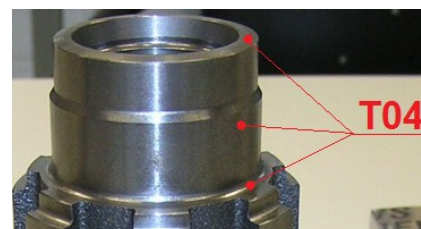


Obr. 3.25 Obráběná plocha nástrojem T03

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$f = 0,25$  [mm],  $v_c = 280$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,2$  [mm]

Dokončení čela, průměru a délky na hotovo.



Obr. 3.26 Obráběné plochy nástrojem T04

Výhody pro zákazníka:

- Krátký čas opracování
- Nízké náklady na 1ks – 6 řezných hran
- Stabilní upnutí Capto C5
- Dostupnost - skladem

**Nástroj T05** – Z operace 30 přesunut vrták T5, tím se operace 20 zpomalila a naopak operace 30 zrychlila. Nyní je chod plynulý, žádná stanice nečeká.

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$n = 2000$  [min<sup>-1</sup>],  $f = 0,12$  [mm]

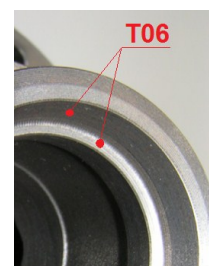
Vyvrtání obou otvorů.

**Nástroj T06** - Nástroj zůstal beze změny.

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$f = 0,2$  [mm],  $v_c = 220$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,3$  [mm]

Dokončení čela a kužele na hotovo.



Obr. 3.27 Obráběné plochy nástrojem T06

**Nástroj T07** - záhlubník zůstal beze změny.

Zkrácení nájezdových drah nejvíce pomohly této operaci, kde využívá 4 [mm] rychloposuv 10.000 [mm/min], následně pokračuje 3 [mm] pracovní posuv (300mm/min).

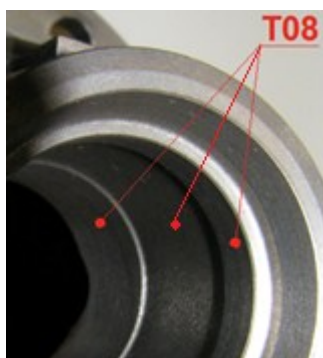
Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$n=1000 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ ,  $f= 0,2 \text{ [mm]}$

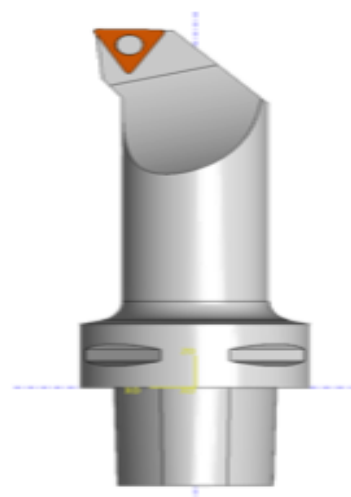
Zahloubení díry.

**Nástroj T08** - Nový nůž, částečně nahradil původní nástroj T05:

- VBD má 3 řezné hrany
- Upnutí VDI 50 – C4
- Velký Capto C4 držák



Obr. 3.28 Obráběné plochy nástrojem 08



Obr. 3.29 Nástroj T08

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$f= 0,2 \text{ [mm]}$ ,  $v_c=230 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ ,  $a_p=0,5 \text{ [mm]}$

Dokončení na hotovo dvou vnějších průměrů a osazení.

**Výhody pro zákazníka:**

- Krátký čas opracování
- Nízké náklady na 1ks – 3 řezné hrany
- Stabilní upnutí Capto C4
- Dostupnost - skladem

**Nástroj T09** - Fréza beze změny.

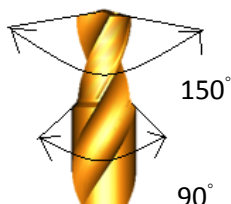
Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$n=2700 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ ,  $f= 0,2 \text{ [mm]}$

Frézování spodní plochy a boku diferenciálu.

### Vrták T11 – předvrtání díry

- Tvrdokovový vrták se sraženou hranou
- Ø 5,07 XD-Pilot
- Krátký, předvrtává
- Povlakování TFT – nejnovější typ povlaku Tinal FUTURA TOP
- Prodlužuje 3x déle životnost dlouhého vrtáku T12

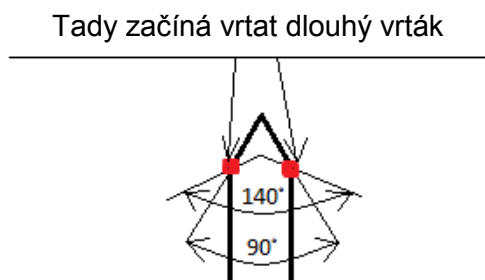


Obr. 3.30 Geometrie vrtáku



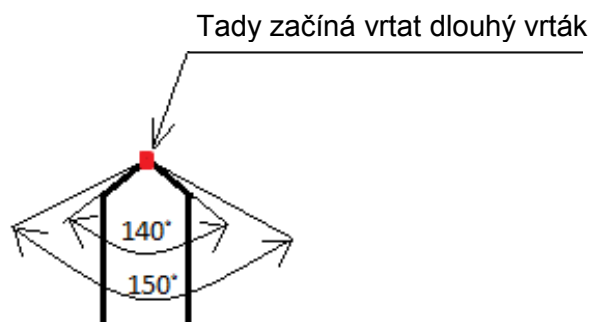
Obr. 3.31 Vrták T11

Původně krátký vrták předvrtal díru s úhlem  $90^\circ$ , dlouhý vrták vrtal s úhlem špičky  $140^\circ$ , což bylo neefektivní, viz. obr. 3.32:



Obr. 3.32 Původní technologie předvrtávání

Nově navrženy krátký vrták s náběhovým úhlem  $150^\circ$ , dlouhý vrták s úhlem špičky  $140^\circ$ , což se projevilo ve zvýšení životnosti nástroje, viz. obr. 3.33:



Obr. 3.33 Nová technologie předvrtávání

**Výhody pro zákazníka:**

- Krátký čas opracování
- Nízké náklady díky vyšší životnosti
- Garance 100% výkonu po třech přebroušeních

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

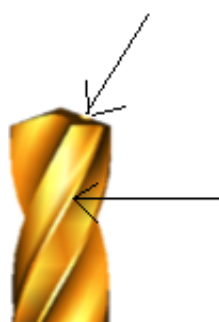
$n=1060 \text{ [min}^{-1}\text{]}, f= 0,2 \text{ [mm]}$

**Vrták T12 – vyvrtání díry**

- Ø5,05 [mm] X.tream DH12
- Povlakování TFL-TIP (povlak Tinal FUTURA – povlak špičky TiN)
- Vrták s vnitřním chlazením
- Leštěná drážka – lepší odvod třísek
- Navýšení životnosti vrtáku z původních 300 ks na 1000 ks
- Oproti staré technologii, kdy musel cca 6x vyjet při vrtání, nyní vrtá díru najednou



Obr. 3.34 Vrták T12



Otvor vnitřního chlazení

Oproti klasickému vrtáku má 2 fazetky navíc (normální má 2, tento 4), z důvodu lepšího vedení v dlouhé díře.

Obr. 3.35 Vrták s vnitřním chlazením

**Výhody pro zákazníka:**

- Krátký čas vrtání
- Nižší náklady díky vyšší životnosti
- Garance 100% výkonu i po třech přebroušeních
- Vrtání v jednom kroku (bez výjezdu)

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

$n=2250 \text{ [min}^{-1}\text{]}, f= 0,2 \text{ [mm]}$

**Strojní čas u operace 20:**

Výsledný strojní čas je:  $t_{as220} = 1,90 \text{ [min]}$

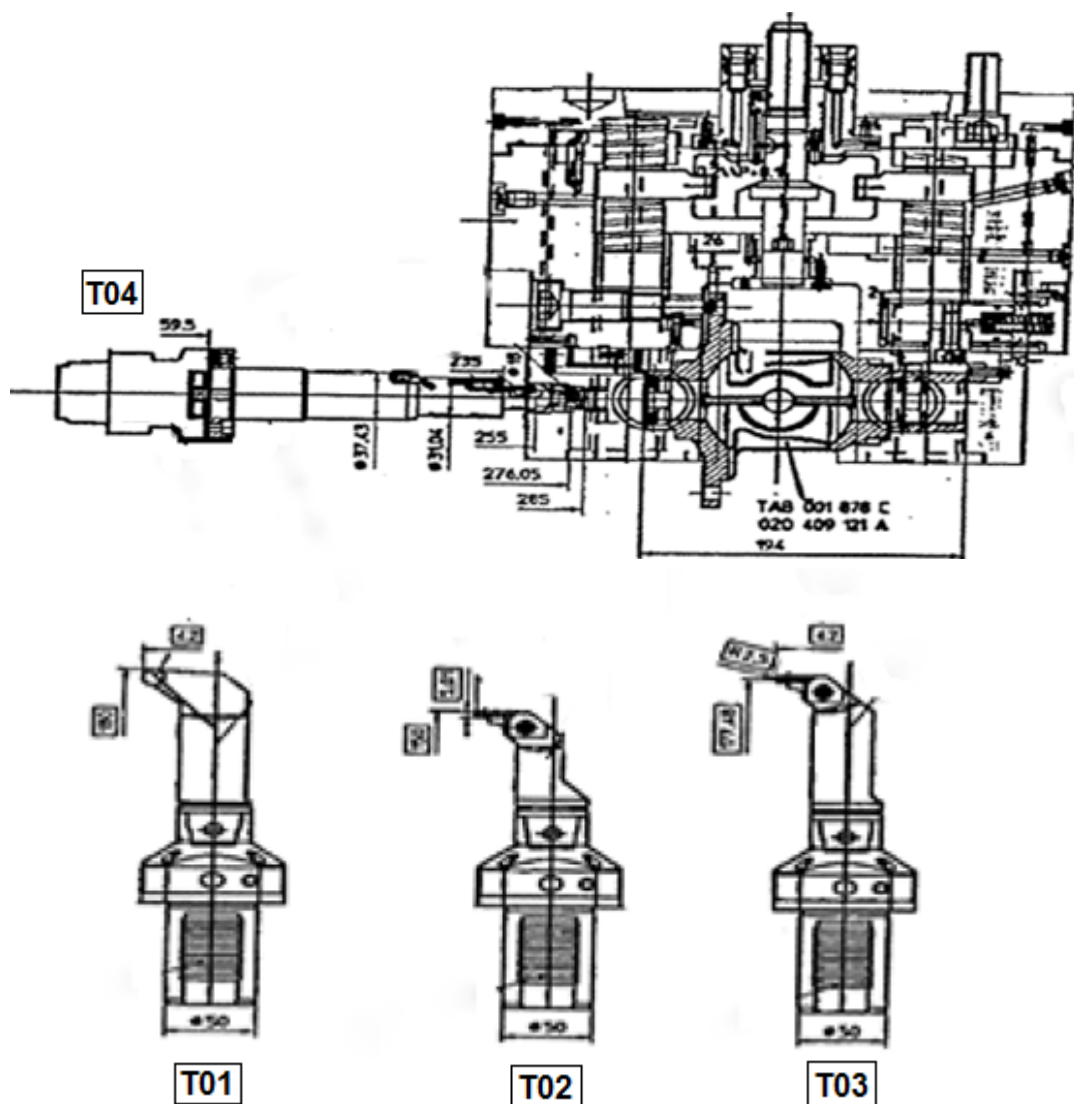
**Náklady u operace 20:**

Celkové náklady jsou:  $c_{220} = 0,320 \text{ [€]}$

### 3.3 Operace 30:

Z této operace byl přesunut nástroj T5 – vrták do operace 20. Změnou bylo dosaženo snížení strojních časů u operace 20 a 30, čímž se technologie výroby podstatně zrychlila. Ostatní nástroje s původním vybavením zůstaly beze změn.

Dalším bodem úspory času je zkrácení nájezdových drah, které se snížili z 8 [mm] na 2 [mm].



Obr. 3.36 Operace 30

**Strojní čas** u operace 30:

Výsledný strojní čas je:  $t_{as230} = 2,00[\text{min}]$

Řezné parametry při příslušném průměru a délce obrábění:

**Nástroj T01:**

$f = 0,35$  [mm],  $v_c = 220$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,5$  [mm]

**Nástroj T02:**

$f = 0,2$  [mm],  $v_c = 180$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,3$  [mm]

**Nástroj T03:**

$f = 0,41$  [mm],  $v_c = 220$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,4$  [mm]

**Nástroj T04:**

$f = 0,2$  [mm],  $v_c = 500$  [m.min<sup>-1</sup>],  $a_p = 0,3$  [mm]

**Strojní čas** u operace 30:

Výsledný strojní čas je:  $t_{230} = 2,00$  [min]

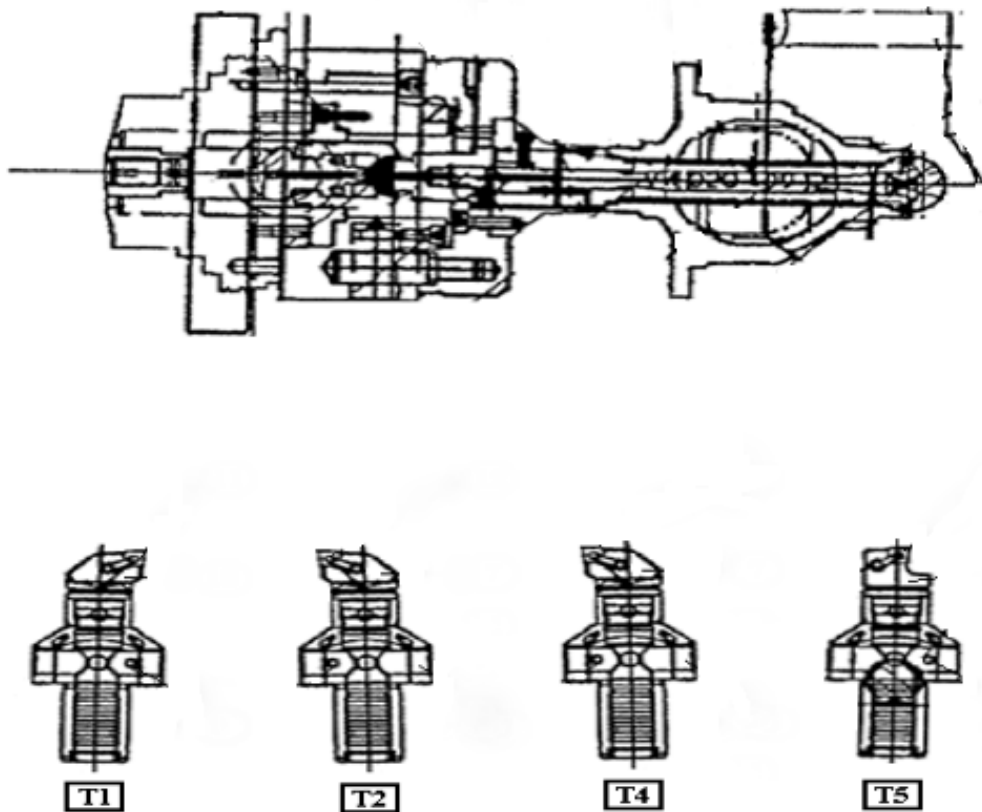
**Náklady** u operace 30 vzhledem k minimálním změnám nebyly podstatné, a proto nebudou dále řešeny.



### 3.4 Operace 40:

V poslední operaci – soustružení na hotovo nebyly provedeny žádné úpravy, nástroje zůstaly v původním stavu, pouze se zkrátily nájezdové dráhy z 8 [mm] na 2 [mm].

**Strojní čas** ani **náklady** nebyly řešeny ve stávající výrobě, tudíž nebudou řešeny ani po racionalizaci



Obr. 3.37 Operace 40

## 4. Technicko-ekonomické zhodnocení

Porovnání strojních časů a nákladů u jednotlivých operací 10 – 40 na výrobu 1 ks diferenciálu.

### 4.1 Zhodnocení operace 10

Tab. 4.1 Srovnání strojních časů a nákladů

Operace	Původní technologie		Stav po racionalizaci	
	Strojní čas [min]	Náklady [€]	Strojní čas [min]	Náklady [€]
10.	2,28	0,290	1,90	0,240

Časová a finanční úspora vznikla rozdílem původní technologie a nově navržené technologie po racionalizaci.

Časová úspora u operace 10:

$$t_{as310} = t_{as110} - t_{as210} = [\text{min}] \quad t_{as310} = 2,28 - 1,90 = 0,38 [\text{min}] \quad (4.1)$$

Finanční úspora u operace 10:

$$c_{310} = c_{110} - c_{210} = [\text{€}] \quad c_{310} = 0,290 - 0,240 = 0,05 [\text{€}] \quad (4.2)$$

Při plánované roční produkci 360 000 ks diferenciálu vycházejí roční úspory takto:

**Finanční:**

Stávající technologie	0,290 [€] ... 360 000 ks
Nová technologie Walter	0,240 [€] ... 360 000 ks

$$c_{10} = c_{310} \cdot 360000 = [\text{€}] \quad c_{10} = 0,05 \cdot 360000 = 18.000,- [\text{€}] \quad (4.3)$$

**Časové:**

Stávající technologie	2,28 [min] ... 360 000 ks
Nová technologie Walter	1,90 [min] ... 360 000 ks

$$t_{as10} = t_{310} \cdot 360000 = [\text{min}] \quad t_{as10} = 0,38 \cdot 360000 = 136800 [\text{min}] \quad (4.4)$$

Přepočteno na dny → 95 [dnů]

Změnou technologie výroby, upínáním a nasazením produktivních nástrojů firmy Walter se u operace 10 uspořily náklady ve výši **18.000,- [€]**, respektive uvolnění výrobní kapacity na stejných strojích **95 [dnů]**.

## 4.2 Zhodnocení operace 20

Tab. 4.2 Srovnání strojních časů a nákladů

Operace	Původní technologie		Stav po racionalizaci	
	Strojní čas [min]	Náklady [€]	Strojní čas[min]	Náklady [€]
<b>20.</b>	2,29	0,555	1,90	0,320

Časová úspora u operace 20:

$$t_{as420} = t_{as120} - t_{as220} = [\text{min}] \quad t_{as420} = 2,29 - 1,90 = 0,39 [\text{min}] \quad (4.5)$$

Finanční úspora u operace 20:

$$c_{420} = c_{120} - c_{220} = [\text{€}] \quad c_{420} = 0,555 - 0,320 = 0,235 [\text{€}] \quad (4.6)$$

Při plánované roční produkci 360 000 ks diferenciálu, vycházejí roční úspory takto:

**Finanční:**

Stávající technologie                      0,555 [€] ... 360 000 ks  
 Nová technologie Walter                      0,320 [€] ... 360 000 ks

$$c_{20} = c_{420} \cdot 360000 = [\text{€}] \quad c_{20} = 0,235 \cdot 360000 = 84.600, - [\text{€}] \quad (4.7)$$

**Časové:**

Stávající technologie                      2,29 [min] ... 360 000 ks  
 Nová technologie Walter                      1,90 [min] ... 360 000 ks

$$t_{as20} = t_{as420} \cdot 360000 = [\text{min}] \quad t_{as20} = 0,39 \cdot 360000 = 140400 [\text{min}] \quad (4.8)$$

Přepočteno na dny → 97,5 [dnů]

Změnou technologie výroby, upínáním a nasazením produktivních nástrojů firmy Walter se u operace 20 uspořily náklady ve výši **84.600,- [€]**, respektive uvolnění výrobní kapacity na stejných strojích **97,5 [dnů]**.

### 4.3 Zhodnocení operace 30

Tab. 4.3 Srovnání strojních časů a nákladů

Operace	Původní technologie		Stav po racionalizaci	
	Strojní čas [min]	Náklady [€]	Strojní čas[min]	Náklady [€]
<b>30.</b>	2,15	neřešeno	2,00	neřešeno

Náklady u operace 30 nebyly podstatné vůči racionalizaci, hlavním důvodem byly časové úspory.

Časová úspora u operace 30:

$$t_{as530} = t_{as130} - t_{as230} = [\text{min}] \qquad t_{as530} = 2,15 - 2,00 = 0,15 [\text{min}] \quad (4.9)$$

Při plánované roční produkci 360 000 ks diferenciálu vycházejí roční úspory takto:

**Časové:**

Stávající technologie                      2,15 [min] ... 360 000 ks

Nová technologie Walter                      2,00 [min] ... 360 000 ks

$$t_{as30} = t_{as530} \cdot 360000 = [\text{min}] \qquad t_{as30} = 0,15 \cdot 360000 = 54000 [\text{min}] \quad (4.10)$$

Přepočteno na dny  $\rightarrow 37,5$  [dnů]

Změnou technologie výroby, upínáním a nasazením produktivních nástrojů firmy Walter se u operace 30 uvolnila výrobní kapacita na stejných strojích **37,5 [dnů]**.

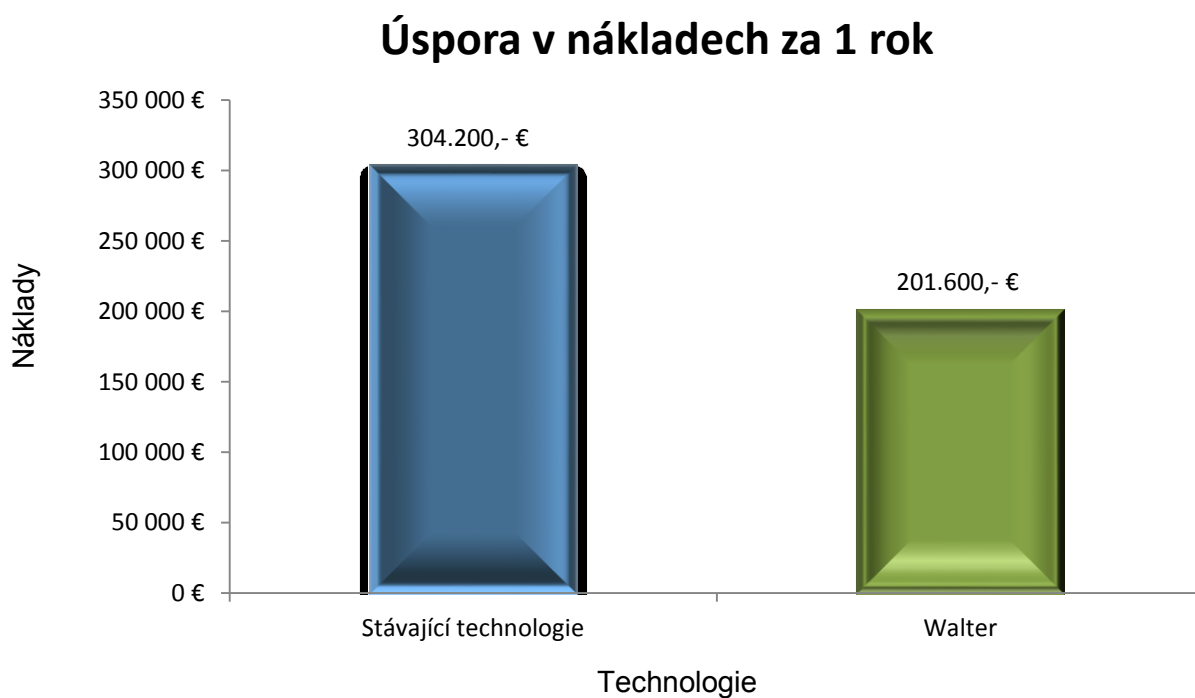
### 4.4 Zhodnocení operace 40

Náklady ani časové úspory se u operace 40 nepočítaly, a to z důvodu žádných změn ve výrobě. Stávající technologie je stejná i po racionalizaci.

#### 4.5 Přehled nákladů za 1 rok:

$$\begin{aligned}\text{Stávající technologie} &= (c_{110} + c_{120}) \cdot 360000 = [\text{€}] \\ \text{Stávající technologie} &= (0,290 + 0,555) \cdot 360000 = \mathbf{304.200,- [\text{€}]}\end{aligned}\quad (4.11)$$

$$\begin{aligned}\text{Nová technologie Walter} &= (c_{210} + c_{220}) \cdot 360000 = [\text{€}] \\ \text{Nová technologie Walter} &= (0,240 + 0,320) \cdot 360000 = \mathbf{201.600,- [\text{€}]}\end{aligned}\quad (4.12)$$



$$\text{Roční úspora: } 304.200 - 201.600 = \mathbf{102.600,- [\text{€}]}\quad (4.13)$$

Změnou technologie bylo dosaženo ročních úspor v minimální výši **102.600,- [€]**.

#### 4.6 Přehled strojních časů za 1 rok:

$$\text{Stávající technologie} = (t_{as110} + t_{as120} + t_{as130}) \cdot 360000 = [\text{min}]$$

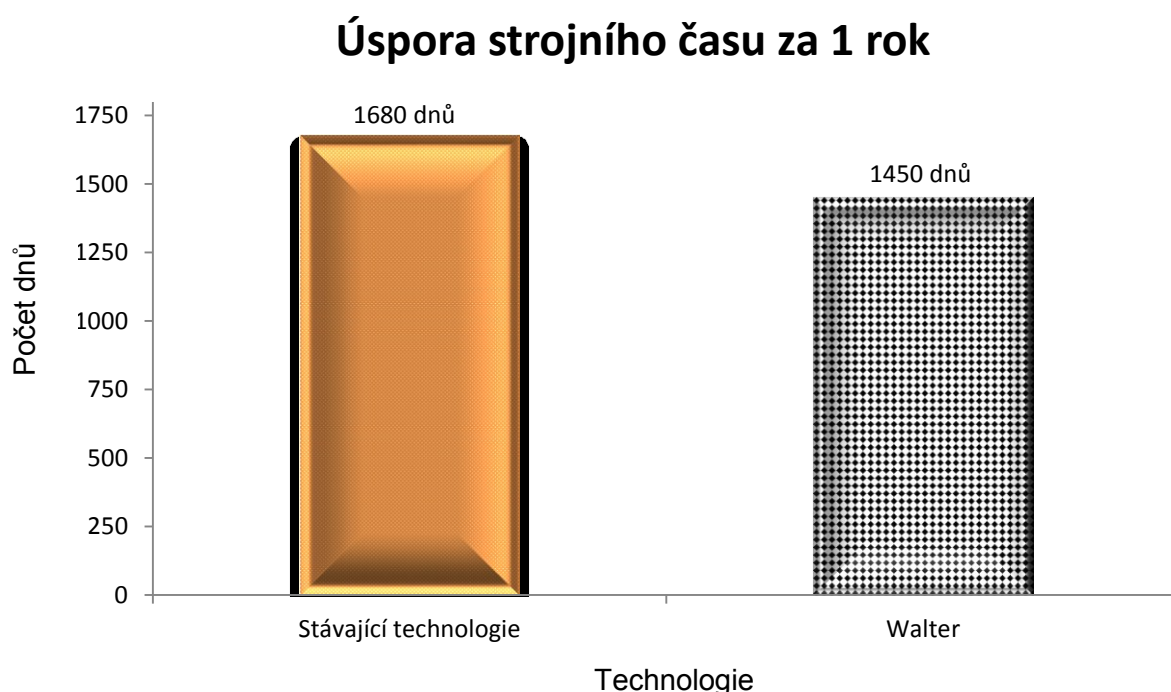
$$\text{Stávající technologie} = (2,28\text{min} + 2,29\text{min} + 2,15\text{min}) \cdot 360000 = 2.419200 [\text{min}]$$

Přepočteno na dny → **1680 [dnů]** tzn. kumulaci časů u operací 10 až 40. (4.14)

$$\text{Nová technologie Walter} = (t_{as210} + t_{as220} + t_{as230}) \cdot 360000 = [\text{min}]$$

$$\text{Nová technologie Walter} = (1,90\text{min} + 1,90\text{min} + 2,00\text{min}) \cdot 360000 = 2.088000 [\text{min}] \quad (4.15)$$

Přepočteno na dny → **1450 [dnů]** tzn. kumulaci časů u operací 10 až 40.



$$\text{Roční úspora: } 1680 \text{ dnů} - 1450 \text{ dnů} = \mathbf{230 [\text{dnů}]} \quad (4.16)$$

Změnou technologie bylo dosaženo roční úspory strojního času ve výši **230 [dnů]**. Kumulovaných na všechny operace 10 až 40.

**Dosažené časové a finanční úspory nabízí tyto možnosti využití:**

- 1) Zvýšení objemu výroby na stejných strojích
- 2) Uvolněnou kapacitu na stejných strojích možno využít pro jiné součásti
- 3) Uvolněnou kapacitu na stejných strojích možno využít pro nové projekty bez dalších investic

V rámci racionalizace uvádím další příklad finančních úspor, konkrétně u operace 20 - vrtání:

#### 4.7 Vrtací nástroje operace 20:

Původní technologií byla dosažena životnost vrtáků 300 ks. Novou technologií s novými nástroji se praktickými zkouškami dosáhlo garantovaného výsledku v životnosti 1000 ks.

Při plánované roční výrobě 360 000 ks diferenciálů vycházejí roční úspory takto:

##### **Stávající technologie:**

Cena vrtáku → 55[€] ...životnost 300 ks

Roční spotřeba a náklady:

Spotřeba:  $360000/300 = 1200$ ks

Náklady:  $c_{ST_{vrt}} = (360000 / 300) \cdot 55 = [€]$

$$c_{ST_{vrt}} = (360000 / 300) \cdot 55 = 66.000,-[€] \quad (4.17)$$

##### **Nová technologie Walter:**

Cena vrtáku → 58[€] ... životnost 1000 ks

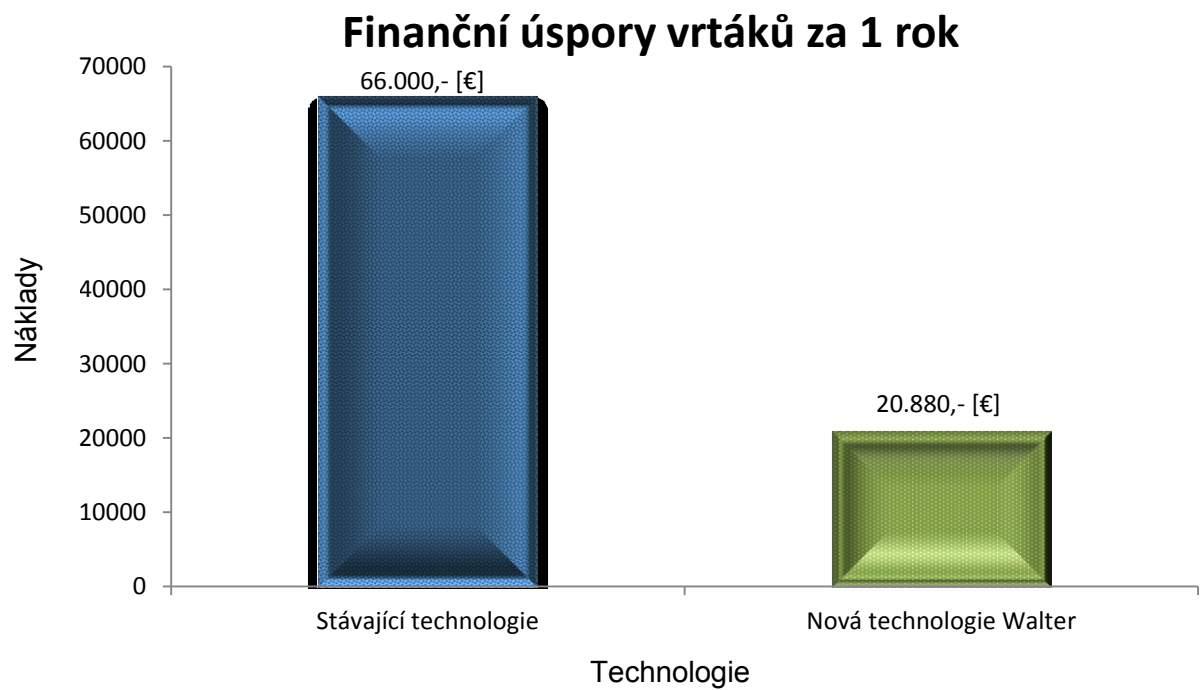
Roční spotřeba a náklady:

Spotřeba:  $360000/1000 = 360$  ks

Náklady:  $c_{NTW_{vrt}} = (360000 / 1000) \cdot 58 = [€]$

$$c_{NTW_{vrt}} = (360000 / 1000) \cdot 58 = 20.880,-[€] \quad (4.18)$$





**Roční úspora:**

$$c_{vrt} = c_{STvrt} - c_{NTWvrt} = [\text{€}] \quad (4.19)$$

$$c_{vrt} = 66.000 - 20.880 = \mathbf{45.120,- [\text{€}]}$$

Změnou technologie vrtání bylo dosaženo úspory v minimální výši **45.120,- [€]**.

## Závěr

Cílem bakalářské práce byla úspora strojních časů a nákladů při výrobě skříní diferenciálů. V mé práci byla řešena stávající technologie, racionalizace – nová technologie a následné vyhodnocení a porovnání strojních časů a nákladů.

**Stávající technologie** – v této technologii byla výroba skříně diferenciálu rozdělena do čtyř operací. V každé z nich jednotlivý nástroj vykonával daný úkon, jako například: soustružení, vrtání, frézování, aby se dospělo ke zdárnému dokončení. Komponenty k nástrojům byly dodávány převážně firmou Kennametal. Při stávající technologii, kdy byla plánovaná roční produkce 360.000 ks diferenciálů, se dosáhly následující výsledky:

Původní technologií výroby celkové náklady dosáhly hodnoty **304.200 [€]**. (4.11)

Kumulovaná výrobní kapacita na požívaných strojích činí **1680 dnů** (4.14), platná pro operace 10 až 40.

**Racionalizace – nová technologie** – díky nové technologii a novým nástrojům firmy Walter SK se chod výroby nejen značně zproduktivnil, ale i zlevnil. Příkladem bych uvedl sdružení dvou nástrojů v jeden, kdy se výrazně uspořil strojní čas, nebo výměna VBD, vedoucí ke snížení ceny díky více řezným hranám, až po nové progresivní monolitní vrtáky či upínání. Skříň diferenciálů se i po racionalizaci vyrábí ve čtyřech operacích. U nové technologie, kde je plánovaná roční produkce 360.000 ks diferenciálu, vyšly výsledky:

Novou technologií výroby celkové náklady dosáhly hodnoty **201.600 [€]**. (4.12)

Kumulovaná výrobní kapacita na požívaných strojích činí **1450 dnů** (4.15), platná pro operace 10 až 40.

Dále mě zaujala technologie vrtání a progresivní nástroje, díky kterým se v nové technologii uspořila nemalá část nákladů. Konkrétní úspora je v minimální výši **45.120 [€]**. (4.19)

### Vyhodnocení a porovnání strojních časů a nákladů

Porovnáním původní a nové technologie jsem dospěl k jednoznačnému závěru, že pro koncern VW je použití nové technologie ve všech směrech výhodnější. Úspora strojního času vyšla na **230 dnů** (4.16) (kumulace výrobní kapacity na operacích 10 až 40). V porovnání nákladů se společným úsilím podařilo uspořit **102.600 [€]** (4.13) ve prospěch nové technologie fy, Walter. Díky těmto výsledkům může závod VW efektivně naložit s ušetřenými finančními prostředky a strojním časem k dalšímu rozvoji a produkci svých plánů.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Anton Humár; *TECHNOLOGIE I VÝPOČTOVÁ CVIČENÍ - Studijní opory pro magisterskou formu studia*, Brno 2003
- [2] Přehled kompetencí v obrábění, souhrnný katalog Walter. Soustružení, vrtání, závitování, frézování, upínání. 2012
- [3] BRYCHTA, J., ČEP, R., SADÍLEK, M., PETŘKOVSKÁ, L., NOVÁKOVÁ J., Nové směry v progresivním obrábění. Ostrava: Ediční středisko VŠB-technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1505-3
- [4] LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky – Pomocná učebnice pro školy technického zaměření*, Praha: Albra, 2003. ISBN 80 – 86490 – 74 – 2.
- [5] Zajac, Jozef, JURKO. Jozef, ČEP, Robert. Top trendy v obábání, II. Část – Nástrojové materiály. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [6] Walter Xtra.tec® insert drill. Inovace nástrojů pro vrtání. Produktová příručka – vrtání. 2012.
- [7] Walter Tiger tec® silver – generace ISO P. Více síly při soustružení oceli. Produktová příručka – soustružení, 2012.
- [8] Wikipedia: *Diferenciál (mechanika)*. [online]. 17. 4. 2013 [cit. 2013-04-24]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Diferenciál\\_\(mechanika\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Diferenciál_(mechanika))
- [9] Autorevue: *Diferenciál, jak vlastně funguje?* [online]. 10.12.2006. [cit. 2013-04-24]. Dostupné z: [http://www.autorevue.cz/diferencial-jak-vlastne-funguje\\_4](http://www.autorevue.cz/diferencial-jak-vlastne-funguje_4)
- [10] Wikipedia. *Volkswagen* [online]. 20. 4. 2013 [cit. 2013-04-24]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Volkswagen>
- [11] Wikipedia. *Tvárná litina* [online]. 9. 3. 2013 [cit. 2013-04-24]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Tvárná\\_litina](http://cs.wikipedia.org/wiki/Tvárná_litina)
- [12] Cztech. *EMAG VSC400 Duo* [online]. [cit. 2013-04-24]. Dostupné z: <http://www.cztech.cz/emaq.html>